DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang | 14. Januar 1927 | Heft 2

Das Problem der Geschlechtsbestimmung bei Bonellia.

Zusammenfassende Darstellung und Versuch einer neuen Deutung[1]).

Von J. Seiler, München.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität.)

Das Geschlechtsbestimmungsproblem an Bonellia, das Baltzer in Bearbeitung hat, ist in ein so interessantes Stadium getreten, daß es an der Zeit ist, die Blicke darauf zu richten. Eine in allen Teilen wohl begründete und anerkannte Lösung des Bonelliaproblemes, das außerordentlich schwierig ist, liegt zwar, um das vorweg zu nehmen, noch nicht vor, wohl aber ein reiches Tatsachenmaterial und zwei Lösungsversuche — der eine stammt von Baltzer selbst, der andere von Goldschmidt —, die ich skizzieren möchte und denen ich einen dritten Deutungsversuch zufügen muß. Dazu ist die Kenntnis des gesamten Tatsachenmaterials notwendig.

I. Das Bonelliaproblem.

Das Weibchen von Bonellia viridis, ein Wurm mit pflaumengroßem Rumpf und bis meterlangem Rüssel, beherbergt in seinem Uterus das kleine, nur wenige Millimeter große, schmarotzende Männchen, das auf dem Larvenstadium schon geschlechtsreif wird, also keine Metamorphose durchmacht. Dieser außergewöhnliche Geschlechtsdimorphismus ist schon an sich interessant genug; noch merkwürdiger aber ist die Art der ersten Entwicklung. Aus den befruchteten Eiern schlüpfen indifferente, Trochophora ähnliche Larven, die zwei Wege der Entwicklung einschlagen können:

Entweder: sie setzen sich an den Rüssel eines erwachsenen Weibchens ihrer Art an, parasitieren hier während etwa dreier Tage („festsitzendes parasitisches Rüsselstadium"), beginnen während dieser Zeit die männliche Entwicklung, werden dann wieder beweglich, kriechen am Rüssel hin und differenzieren sich nun in wenigen Tagen zu fertigen Männchen aus. Gleichzeitig wandern sie nach einem vorübergehenden Aufenthalt in der Pharynxgegend in den Uterus ihrer Wirtin hinein, zu dauerndem Aufenthalt.

Oder: die Larven leben verschieden lange Zeit frei und indifferent, sinken dann zu Boden und werden weiblich, was schon mit der Lupe an der Vergrößerung des Vorderabschnitts des Larvenkörpers zum Rüsselchen und an der Bildung einer geräumigen Leibeshöhle und damit verbundener Blähung des Rumpfes zu erkennen ist [vgl. S. 360 (5)].

Damit ist das Hauptproblem, das zu lösen ist, in seinen Umrissen schon gezeichnet: *Warum entstehen bei Rüsselparasitismus nur Männchen? ohne Parasitismus nur Weibchen* (oder doch in der Hauptsache nur Weibchen, wie wir später hören werden)?

II. Das Intersexualitätsproblem und seine entwicklungsmechanische Lösung.

Bei seinen Experimenten zur Lösung des Hauptproblems stößt Baltzer auf ein weiteres Problem, auf das der Intersexualität. Wird nämlich die Periode des Parasitismus künstlich verkürzt, so entstehen Zwischenformen zwischen Männchen und Weibchen, sog. Intersexe, die je nach der Dauer des Parasitismus bald näher dem männlichen, bald näher dem weiblichen Typus stehen.

Die Organisation eines normalen Weibchens zeigt Fig. 1; sie gibt das Bild eines eben metamorphosierten Tieres in Ventralansicht. Vorn der noch kurze Rüssel, an seinem Ursprung die beiden für das weibliche Geschlecht typischen Borsten und die Mundöffnung mit Vorderdarm; terminal der Enddarm und After; links und rechts davon die Analblasen, die die Exkretionsorgane der erwachsenen Tiere darstellen. Die embryonalen Nieren, die Proto- und Metanephridien werden auf diesem Stadium rückgebildet. Typisch für das Weibchen ist ferner ein geräumiges Cölom. Das Männchen (Fig. 2) behält die larvalen Exkretionsorgane, entbehrt der Analblasen, ebenso der Borsten, des Vorder- und Enddarmes und des Rüssels. Das Cölom, in dem die Geschlechtsprodukte flottieren, ist eng. Ein Trichter führt dieselben in den Samenschlauch, einem typisch männlichen Organ, der aus den Vorderdarmanlagen der indifferenten Larve hervorgeht. Zwei Typen von Intersexen geben nun die Fig. 3 und 4. Fig. 3 stellt ein intersexes Bonelliatier mit stark weiblichem Einschlag dar (an männlichen Charakteren sind vorhanden: die Spermatozoen in der Leibeshöhle, kein typischer Vorderdarm). Fig. 4 gibt eine Intersexualitätsstufe mittleren Grades (männliche Charaktere: fehlender Rüssel, statt Vorderdarm Samen-

[1]) Meine ursprüngliche Aufgabe war es, über die in den Pubblicazioni 1925 (vergl. Nr. 4 des Lit.-Verzeichnisses) erschienene wichtige Arbeit zu referieren. Da Baltzer inzwischen neue Ergebnisse veröffentlichte (5), die einen wesentlichen Schritt weiter führen, und zudem Goldschmidt eine neue Darstellung seiner Auffassung über die Geschlechtsbestimmung bei Bonellia gab (7), löse ich meine Aufgabe innerhalb dieses zusammenfassenden Aufsatzes. Er bringt eine Reihe von unveröffentlichten experimentellen Ergebnissen, die mir Kollege Baltzer im Laufe mündlicher Diskussionen über den ganzen Komplex oder auf briefliche Anfrage mitteilte, mit der Ermächtigung, davon Gebrauch zu machen. Ich bin ihm dafür, wie für viele Anregungen und Hinweise, zu großem Dank verpflichtet.

schlauch, Spermatozoen usw.; weibliche Charaktere: Borsten, Enddarm).

BALTZER erkannte nun, daß bei den Bonelliaintersexen weibliche und männliche Merkmale nicht wahllos gemischt sind. „So sind, wenn ein Oesophagus entwickelt ist, immer auch Borsten und Analblasen vorhanden; wenn Borsten entwickelt sind, können Analblasen vorhanden sein oder fehlen; Borsten aber sind immer da, wenn Analblasen angelegt wurden" (S. 37, 1914). Das muß, so schloß BALTZER, darin begründet sein, daß normalerweise zuerst der Oesophagus, später die Borsten und erst zuletzt, jedoch sehr bald nach den Borsten, die

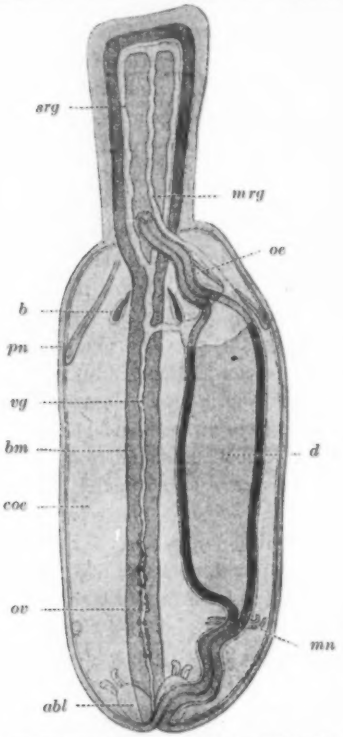

Fig. 1. Junges aus dem Ei gezüchtetes Weibchen, kurz nach der Metamorphose (etwas schematisiert). Vergr. ca. 70/1. *abl* = Analblasen, *b* = Borsten, *bm* = Bauchmark, *coe* = Coelom, *d* = Mitteldarm, *mn* = Metanephridien, *mrg* = mittleres Rüsselgefäß, *oe* = Oesophagus, *ov* = Ovar, *pn* = Protonephridien, *srg* = seitliches Rüsselgefäß, *vg* = ventrales Blutgefäß. Nach dem lebenden und dem konservierten Objekt kombiniert. Baltzer, 1914. S. 3.

Analblasen angelegt werden. Unterbrechen wir den Parasitismus vorzeitig, so wird die Entwicklung in weibliche Richtung umgestimmt und da in einem gegebenen Moment die verschiedenen Organe auf verschiedener Höhe der Differenzierung sich befinden, so ist klar, „daß, je weiter die Spezialisierung vorgeschritten ist, um so geringer die Möglichkeit der Umdifferenzierung von männlicher in weibliche Richtung sein wird. Deshalb wird bei einer männlich sich differenzierenden Larve der Einfluß des Freilebens die verschiedenen *Organe in einem verschieden weit vorgeschrittenen Stadium männlicher Differenzierung treffen. Und gerade*

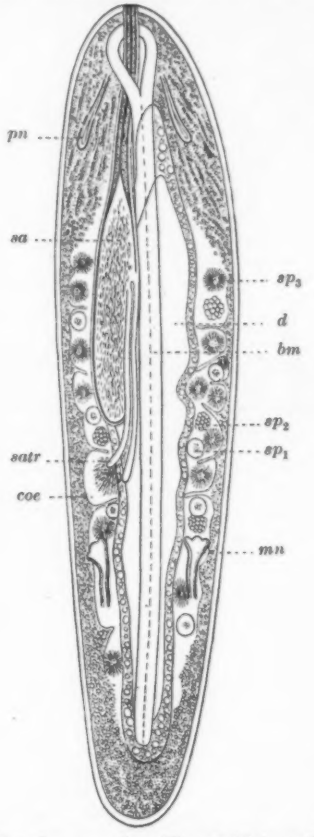

Fig. 2. Männchen, aus dem Ei gezüchtet, nach Metamorphose, geschlechtsreif (etwas schematisiert). Vergr. ca. 80/1.
bm = Bauchmark, *coe* = Coelom, *d* = Darm, *mn* = Metanephridien, *pn* = Protonephridien, *sa* = Samenschlauch, *satr* = Trichter des Samenschlauchs, sp_1-sp_3 = Stadien der Spermatogenese. Nach dem lebenden Objekt gezeichnet. Baltzer, 1914. S. 5.

darauf wäre zurückzuführen, daß im gleichen Tier das eine Organ männlich wird, das andere aber weiblich" (S. 37, 1914).

Damit war die Erklärung der Intersexualität, wenigstens so weit sie ein rein entwicklungsmechanisches Problem bedeutet, gegeben. Es ist

bekannt, daß später GOLDSCHMIDT an den Lymantria-Intersexen zu genau der gleichen Formulierung kam (1917).

III. Morphologisch entwicklungsgeschichtliche Deutung des Bonellia-Männchens.

Die Wirkung des Rüsselparasitismus ist von zweierlei Art: er bewirkt männliche Differenzierung einerseits, andererseits hat er ein Stehenbleiben des sich entwickelnden Tieres auf einer jugendlichen

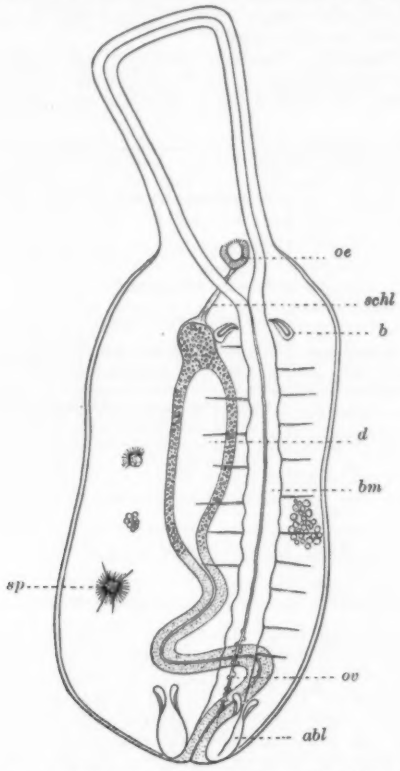

Fig. 3. Zwitter mit stark weiblichem Einschlag. Die Larve wurde nach ca. eintägigem Festsitzen vom Rüssel der alten Bonellia entfernt und hatte sich während weiterer zehn Tage freien Lebens zu dem gezeichneten Stadium mit beinahe rein weiblichen Charakteren entwickelt. Vergr. ca. 70/1.
abl = Analblasen, *b* = Borsten, *bm* = Bauchmark, *d* = Mitteldarm, *oe* = Oesophagus, *ov* = Ovar, *schl* = „Schlauch", *sp* = Spermienbündel. Baltzer, 1914. S. 20.

Entwicklungsstufe zur Folge. „Daraus ergibt sich ohne weiteres die Vermutung, es möchte ein Kausalzusammenhang bestehen in dem Sinn, daß Neotenieinduktion, daß Entwicklungshemmung die männliche Differenzierung auslöst. Vielleicht können umgekehrt auch männlich geschlechtsbestimmende Faktoren ein Stehenbleiben auf neotenischer Stufe induzieren" [S. 253 (4)]. Es gilt also die Wirkung des Rüsselparasitismus zu analysieren und die Frage zu erledigen, wie überhaupt die männliche Organisation zu deuten sei. Schon SPENGEL hatte die Vermutung ausgesprochen, daß die Organisation des Bonelliamännchens als ein Zurückbleiben auf der Stufe einer Larve zu deuten sei. BALTZER erbringt nun den Beweis dafür. Wir reproduzieren seine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse [siehe Tab. 1, entspricht BALTZERS Tab. 1, S. 88 (3)], aus der ohne weiteres hervorgeht, „daß

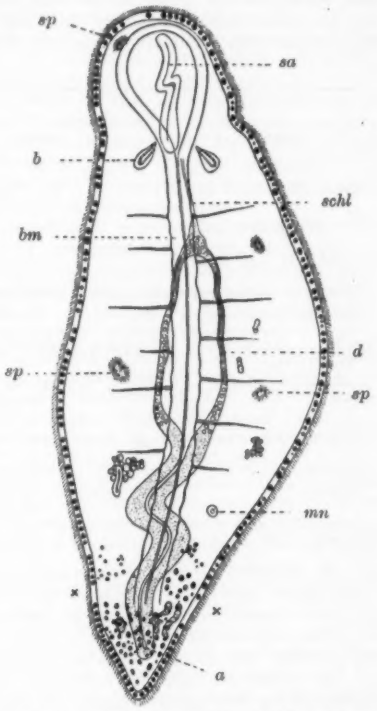

Fig. 4. Zwitter mittleren Grades. Zucht, Vergrößerung und Figurenbezeichnung wie bei Fig. 3.
Außerdem: *sa* = Samenschlauch, *mn* = Metanephridien, *a* = After, × — × bezeichnet die ursprüngliche Stelle des hinteren Wimperkranzes. Baltzer, 1914. S. 22.

das Bonelliamännchen in der Tat eine geschlechtsreif gewordene mittlere Stufe der Echiuridenentwicklung darstellt. Sie mag dementsprechend als neotenisch bezeichnet werden, auch wenn sie, wie aus der Tabelle hervorgeht, nicht völlig den Zustand der indifferenten Larve, sondern einer etwas späteren Entwicklungsstufe entspricht . . . Nur ein Organ, der Samenschlauch, der sich aus den

Vorderdarmanlagen der Larve entwickelt, stellt ein spezifisch männlich weiter entwickeltes Organ dar" [S. 246 (4)]. In einer schönen entwicklungsgeschichtlichen Studie der Arbeit (4) wird das Beweismaterial zur Homologisierung des Samenschlauches mit dem Vorderdarm des Weibchens gebracht.

Wir haben demnach bei Bonellia eine auf das männliche Geschlecht beschränkte Neotenie.

IV. Analyse des Rüsselparasitismus.

1. Nehmen die Larven aus dem Rüssel Stoffe auf?

Die Tatsache, daß frei aufwachsende Larven zu Weibchen werden, parasitierende aber zu Männchen, macht es von vorne herein wahrscheinlich, daß die parasitierenden Larven aus dem Rüssel Stoffe aufnehmen. Untersuchungen an Schnitten und am lebenden Objekt zeigten allerdings, daß erstens keine Verbindung der Larve mit der Unterlage durch besondere Organe besteht, und zweitens die Epidermis sowohl der Larve wie des Rüssels intakt bleibt. Trotzdem ist denkbar, daß zwischen den eng aneinander liegenden Epithelien Stoffe in gelöster Form übertreten könnten. Einen Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür konnte B. schon 1914 durch Vitalfärbung erbringen. Er färbte Rüsselstücke (die abgeschnitten lange lebendig bleiben!) mit Methylenblau und es zeigte sich, daß die sich anheftenden Larven an der, der Rüsselseite anliegenden Bauchseite nach kurzer Zeit Methylenblau enthalten. Der Versuch zeigt mit Sicherheit, daß der Übertritt von Substanzen aus dem Rüssel möglich ist, und die Annahme, daß die Larven normalerweise aus dem Rüssel tatsächlich Stoffe beziehen, erhält eine reale Unterlage.

2. Wie wirken die Rüsselstoffe?

Vorausgesetzt, daß sie im Wasser löslich sind, erhielten wir die klarste Antwort auf unsere Frage, wenn wir Extrakte auf Larven einwirken lassen. Diesen Weg beschritt B. Er prüfte vorerst die Wirkung des Extraktes von Bonelliarüsselgewebe, von Rumpfgewebe, vom Hautmuskelschlauch der Darmwand und des Uterus auf Tiere der verschiedensten systematischen Gruppen und auf Bonelliamännchen. Dabei zeigte es sich, daß der Uterus und Hautmuskelschlauch (nach Entfernung der Epidermis!) unschädlich sind, während die übrigen Gewebe Stoffe enthalten, die auf alle Versuchstiere, auch auf das Bonelliamännchen, schädigend oder tödlich wirken, je nach der Konzentration des Extraktes.

Besonderes Interesse verdienen die Versuche mit Kaulquappen, an die Rüsselgewebe verfüttert wurde. Es wäre denkbar gewesen, daß die aufgenommenen Stoffe (ähnlich wie bei Thymus- oder Thyreoideafütterung!) als Inkret wirken und entsprechend der Thymuswirkung die Metamorphose verhindern, Die Erwartungen haben sich nicht erfüllt. Zwar wirkt Rüsselgewebe auch hier giftig und eine Entwicklungsverzögerung tritt ein. Sie hat aber ihre Ursache wohl darin, daß die Larven nicht mehr auf ihr normales Futter reagierten, das sie abwechselnd mit Rüsselfleisch erhielten.

Tabelle 1.

Larve	Männchen	Weibchen
Larve Länge ca. 1 mm	Länge 1—2 mm.	Erwachsen: Rumpf bis 7 cm; Rüssel bis 1 m.
Ganze Oberfläche bewimpert.	Wie Larve.	Bewimperung am Rumpf rückgebildet.
Zwei Wimperkränze.	Werden rückgebildet.	Werden rückgebildet.
Kopflappen ca. $^1/_3$ mm.	Verkürzt.	Zu Rüssel verlängert.
Zentralnervensystem: Bauchmark und Schlundring.	Schlundring verengt. Keine Seitennerven.	Schlundring erweitert. Bauchmark mit typ. Seitennerven.
Darm = entodermaler Blindsack mit Dotter.	Bleibt larval.	Darm ist langes, durchgehendes Rohr mit Mund und After.
Vorderdarmanlagen.	Zu Samenschlauch weiter entwickelt.	Zu typischem Vorderdarm weiter entwickelt.
Mesoderm ohne Coelom.	Enges Coelom.	Geräumiges Coelom.
Exkretionssystem: Protonephridien.	Protonephridien durch Metanephridien ersetzt. Keine Analblasen.	Zuerst Metanephridien. Diese durch Analblasen ersetzt.
Borsten noch nicht entwickelt.	Borsten fehlen (bei *Bon. viridis*).	Zwei typische Echiuridenborsten.

Lebendiges, intaktes Rüsselgewebe wirkt nun auf erwachsene Bonelliamännchen nicht giftig. Deshalb erhebt sich die Frage, ob die gefundene Giftwirkung tatsächlich in Zusammenhang steht mit der Entwicklungshemmung der an den Rüssel sich ansetzenden Larven. B. glaubt, daß zugunsten dieses Zusammenhanges einige bestrickende Parallelen bestehen: Einmal beginnen die indifferenten Larven ihre männliche Differenzierung und wird die Entwicklungshemmung manifest erst nach Festsetzung an dem Rüssel. Dann müssen wir, „da die parasitische Larve von außen keine Nahrung aufnimmt, erwarten, daß die Hemmungsstoffe durch

die Körperwand ins Innere der Larve eintreten können. Die Bonelliagiftstoffe erfüllen diese Forderung" [S. 18 (2)] (nach Versuchen mit dem erwachsenen Männchen z. B.). Weiter hörten wir, daß der Uterus, der Aufenthaltsort des erwachsenen Männchens, giftfrei ist und die Giftstoffe gerade da lokalisiert sind, wo die Larve parasitiert (Rüssel- und Rumpfepidermis. Das B. fuliginosa-Männchen parasitiert am Rumpf!)!

Bei den geschilderten Experimenten bewirkten die Giftstoffe des Rüsselgewebes schon in geringer Konzentration starke Schädigung. „Es ist sehr wohl denkbar, daß diese Substanzen, in noch geringerer Konzentration wirkend, die parasitierende Larve nicht abtöten, sondern lediglich ihre Entwicklung hemmen und damit männliche Differenzierung auslösen" [S. 92 (3)].

Das entscheidende Experiment endlich mußte die Aufzucht indifferenter Larven in Rüsselextrakt sein. Das Resultat ist eindeutig: *Durch Rüsselextrakt wird eine normale männliche Differenzierung eingeleitet.* „Die Wirkung ist zwar nicht so rasch wie am lebenden Rüssel, sondern braucht wohl mindestens die doppelte Zeit. Sie geht auch nicht so weit, wie diejenige des lebenden Rüssels. Aber der wässerige Extrakt aus getrocknetem Rüsselgewebe verändert in der Tat indifferente Larven in spezifisch männlicher Richtung. — Damit ist vor allem der direkte Beweis gegeben, daß wenigstens die erste Hälfte der männlichen Differenzierung auch am lebenden Rüssel durch Substanzen seines Gewebes — und zwar durch wasserlösliche Substanzen — hervorgerufen wird" S. 366 (5). Rüsselextrakt in stärkerer Dosis tötet die indifferenten Larven ab. Muskelextrakt hat keine Wirkung.

3. Geschlechtsbestimmungsexperimente.

a) Allen Larven wird Gelegenheit zum Parasitismus geboten. Aus dem Gelege eines Weibchens A werden Portionen von je 100 Eiern gemacht und alte Weibchen zugegeben. Über das Schicksal einer Kultur liegen genaue Zahlen vor: Aus 100 Eiern schlüpfen 88 Larven, 70 Larven setzen sich an den Rüssel an und werden alle zu Männchen; 3 setzen sich nicht an und bleiben indifferent; 15 Tiere gehen während des Versuches verloren. Da die Larven im Ansetzen sehr launisch sind, ist anzunehmen, daß auch die 3 indifferenten sich angesetzt hätten, wenn ihnen ein passendes Weibchen geboten worden wäre. — Ein analoges Ergebnis hatte eine Parallelzucht und Zuchten aus dem Eimaterial eines anderen Weibchens. Daraus ergibt sich der Schluß: *„Die Larven von Bonellia viridis entwickeln sich alle zu Männchen, wenn ihnen genügend Gelegenheit zu der für die Männchen notwendigen parasitischen Entwicklung gegeben wird"* [S. 12 (1)]. Doch ist mit der Möglichkeit zu rechnen, daß unter den Verlusttieren Weibchen waren.

Wenn von „Laune" im Ansetzen die Rede war, so ist das keine üble Nachrede für die Tiere, sondern bedeutet nur, daß hier eine unbekannte Größe ist, die der Experimentator zu analysieren hat. Es würde deshalb nicht verblüffen, wenn Rüsselexperimente auch Weibchen lieferten. Tatsächlich erhielt B. 1925 (briefliche Mitteilung) von 108 Larven, die von einem Weibchen „X" stammen, bei Aufzucht in kleiner Glasdose mit Rüsselstücken mehrerer alter Weibchen: 30 Weibchen, 1 schwach intersexuelles Weibchen, 1 Intersex(?) und 76 Männchen. Resultate der Extraktexperimente, von denen wir noch berichten werden (vgl. Kap. V) sprechen jedoch, wie die Experimente, von denen oben die Rede war [S. 12 (1)] dafür, daß bei günstigen Versuchsbedingungen unter Wirkung der Rüsselstoffe sämtliche, oder doch fast sämtliche Tiere vermännlicht werden. Doch ist auch im Auge zu behalten, daß die Weibchen genotypisch verschieden sein könnten und wir deshalb verschiedene Resultate erhalten (vgl. Kap.V).

Von großer Wichtigkeit für die Deutung der gesamten Ergebnisse ist die Tatsache, daß unmittelbar nach dem Ansetzen ein Entwicklungsimpuls zu konstatieren ist; die Larven machen eine ganze Reihe von Veränderungen durch in der Richtung der männlichen Differenzierung.

b) Die Larven werden frei aufgezogen. Das Eimaterial zu diesen Versuchen stammt zum Teil wieder vom Weibchen A. Hundert Larven in Glasschalen ohne alte Weibchen aufgezogen, lieferten 78 Weibchen, 7 Intersexe, 6 Männchen; 2 Larven blieben indifferent, 2 starben ab und 5 gingen verloren [S. 13 (1)]. Gleiches lieferte eine Parallelzucht aus demselben Eimaterial und Versuche mit Eimaterial eines anderen Weibchens. Die Sterblichkeit war etwas geringer bei einem Zuchtversuch auf Schlammboden. Von 98 Larven vom Weibchen A wurden 91 zu Weibchen, 2 zu Männchen, 1 blieb indifferent und 4 gingen verloren [S. 13—14 (1)]. Sieben weitere Kulturen, alle aus einem Laich stammend, ergaben 417 Weibchen, 11 Intersexe und 24 Männchen [S. 260 (4)]. Ein Parallelversuch zu dem Rüsselexperiment mit Larven des Weibchens X lieferte (nach brieflicher Mitteilung) 96 Weibchen, 1 indifferentes Weibchen, 7 indifferente männliche oder intersexuelle Tiere und 1 indifferentes Tier. *Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß aus Larven, die keine Gelegenheit zum Parasitismus haben, vorwiegend Weibchen hervorgehen.*

Vergleicht man die Ergebnisse der einzelnen Experimente, so fällt der wechselnde Prozentsatz an Männchen auf. Das abweichendste Resultat ergab (briefliche Mitteilung) die Zucht Dh vom Jahre 1925, nämlich: 236 Weibchen, 2 indifferente Weibchen, 2 Intersexe, 7 indifferente Männchen, 48 Männchen (!) und 2 indifferente Tiere, wobei besonders hervorzuheben ist, daß 13 von diesen 48 Männchen einen großen Samenschlauch hatten, ganz gefüllt mit Sperma, also durchaus den typischen Rüsselmännchen glichen.

Diese Feststellungen bedürfen aber noch einer wichtigen Ergänzung: Neben dem Auftreten vereinzelter Intersexen und Männchen zeigte es sich.

„daß auch die Mehrzahl der Weibchen darin noch eine Tendenz zu männlicher Entwicklung besitzen, daß sie in der ersten Phase ihrer Entwicklung Spermien bilden . . . Dabei besitzen in allen Kulturen . . . die zuerst sich entwickelnden Weibchen meist keine Spermien, während die später sich entwickelnden fast alle Spermatozoenbündel enthalten" [S. 14 (1)]. Wieder fällt auf, daß auch in diesem Punkte die Resultate der verschiedenen Experimente verschieden waren. In den Versuchen von 1925 fand B. (briefliche Mitteilung) keine Spermaweibchen.

Ferner ist charakteristisch, daß die Intersexen und die reinen Männchen zuletzt auftreten. Ihr Erscheinen fällt zusammen mit dem Auftreten von Verkümmerungszuständen, die dadurch bedingt sind, daß die Larven während der langen Indifferenzzeit ihr Dottermaterial aufgezehrt haben. Aus diesen Tatsachen schließt B.: *„Alte indifferente Larven haben also eine stärkere Tendenz zu männlicher Entwicklung als junge indifferente Larven"* [S. 263 (4)]. Wir werden gleich sehen, daß diese Folgerung nicht zwingend ist und die Tatsachen eine andere Interpretation erhalten können, wie B. in der Arbeit (5) zeigte.

c) *Die Larven werden vorzeitig vom Rüssel losgelöst.* Dadurch entstehen, wie schon gesagt, Intersexe. Bei kurzem Parasitismus von nur wenigen Stunden erhalten wir noch vorwiegend Weibchen, daneben Intersexe verschiedenen Grades; dauert er länger, so entstehen Intersexe und Männchen und lassen wir die Larven endlich mindestens 2 Tage am Rüssel, so erhalten wir nur noch Männchen.

Alle Larven erhalten, gleich wie bei rein männlicher Entwicklung, durch den Parasitismus einen Entwicklungsimpuls, auch diejenigen, die nur wenige Stunden parasitieren und zu Weibchen werden; solche Tiere sind infolgedessen im Vergleich mit Tieren reiner Weibchenzuchten gleichen Alters in der Entwicklung voraus. Wir werden sehen, daß dieser Tatsache eine große theoretische Bedeutung beizumessen ist.

Auch bei diesen Intersexualitätsexperimenten stellte es sich heraus, daß das Resultat eines Versuches abhängig ist vom Alter der benützten indifferenten Larven. Junge indifferente Larven ergeben z. B. in einem Versuch mit 38 Larven bei $^1/_2$—1 Tag Parasitismus nur 7 reine Männchen, während 2—3 Wochen alte indifferente Larven nach gleich langem Parasitismus nur Männchen, oder höchstens noch stark männliche Intersexe ergaben. Ein anderer Versuch mit 5—7 Tage alten Larven und 7—18 St. Parasitismus lieferte intermediäre Intersexe und stark weibliche Intersexe neben typischen Weibchen, während ältere Larven von 11—21 Tagen bei ungefähr gleich langem Parasitismus (24 St.) in der Mehrzahl reine Männchen lieferten, daneben intermediäre oder stark männliche Intersexe. *Das führt wieder zu dem früher schon gezogenen Schluß, daß die alten indifferenten Larven stärkere männliche Tendenz haben, als die jungen.* Aber auch hier wieder ist der Hinweis auf die Möglichkeit einer anderen Interpretation (vgl. Kap. V) notwendig.

V. Sind genetische Faktoren mit im Spiele bei der Geschlechtsbestimmung.

Eine Reihe von experimentellen Tatsachen hatte den Verdacht aufsteigen lassen, daß neben der geschlechtsbestimmenden Wirkung der Rüsselstoffe genetische Faktoren mit eine Rolle spielen könnten. Die Extraktversuche vor allem bestärkten B. in diesem Verdacht. — Es fiel auch auf, „daß zahlreiche indifferente Larven sehr rasch nach dem Ausschwärmen, sozusagen ‚unbeirrt' die weibliche Differenzierung beginnen, auch wenn zahlreiche Rüssel alter Weibchen in ihrer nächsten Umgebung ‚zu haben' wären" [S. 372 (5) und S. 277 (4)]. Daraus wäre zu folgern, daß schon unter den indifferenten Larven ein gewisser Prozentsatz der Tiere weiblich determiniert ist. Ob auch genetisch männlich, oder überwiegend männlich differenzierte Tiere vorhanden sind, ist weniger leicht ersichtlich. Vielleicht weist die Tatsache in diese Richtung, daß bei Rüsselversuchen die Zuchtresultate sehr uneinheitlich sind, auch in den Fällen, in welchen das benützte Eimaterial aus einem Gelege stammte und das Alter der indifferenten Larven und die Dauer des Parasitismus gleich waren. Sehr auffällig sind ferner die verschiedenen Zuchtresultate, die erzielt wurden, ausgehend von jungen indifferenten oder von alten indifferenten Larven. „Wenn . . . das Geschlecht — abgesehen vom männlich bestimmenden Parasitismus — in gewissem Grade auch schon erblich bestimmt ist, so könnte man daran denken, daß sich im Verlauf der Zucht zuerst die genotypisch weiblichen Tiere weiter entwickeln und metamorphosieren, während die genotypisch männlicheren Tiere länger indifferent bleiben und erst zuletzt und ohne Verwandlung zu neotenischen Männchen werden. *So käme im Lauf der Zucht eine Auslese der männlicheren Tiere zustande, und darin könnte die stärkere männliche Tendenz und auch der stärkere männliche Einschlag der gealterten Zuchten begründet sein. — Hier sind neue Experimente notwendig"* [S. 373 (5)] (vom Ref. gesperrt).

Die Resultate der Extraktzuchten, die aus naheliegenden Gründen am durchsichtigsten sind, erheben den Verdacht, daß genetische Faktoren im Spiele sind, fast zur Sicherheit. Wären alle Larven sexuelle Neutra, so wäre zu erwarten, daß die Wirkung des Extraktes bei gleichem Ausgangsmaterial und gleicher Zeitdauer der Einwirkung auf alle Tiere gleich sein müßte. Das ist aber in Wirklichkeit nicht der Fall. Von 50 Larven z. B., die von der nämlichen Mutter stammten und im gleichen Extraktwasser aufgezogen wurden, erhielt B. 32 Männchen, 7 schwach intersexe Männchen, 3 intermediäre Intersexe, 5 stark weibliche Intersexe und 5 überwiegend weibliche Tiere. Diesem Resultat widerspricht aber leider ein Darmextraktversuch. Hier war die Wirkung auf alle Tiere gleich; von 90 Larven wurden alle in annähernd gleichem

Maße vermännlicht [vgl. S. 369 (5)]. Auf briefliche Anfrage nach der Herkunft des Eimateriales zu diesem Versuch, erhielt ich von B. eingehendere Mitteilungen. Vorerst steht nach den Protokollaufnahmen fest, daß die Versuchsbedingungen einwandfrei sind; vor allem ist sicher, daß, falls überhaupt genetische Weibchen vorhanden sind, diese unter den Versuchstieren vorhanden sein mußten, also nicht etwa schon vor dem Beginn des Versuches eliminiert waren. Aus demselben Eimaterial hatte B. nun, gleichzeitig mit dem Darmextraktversuch noch 3 Parallelkulturen in Rüsselextrakt eingerichtet. Die Protokollaufnahme darüber lautet: „Die Extrakte 1 : 1500—2500 haben gewirkt, aber erstens nicht maximal, es wurde nur eine mittlere oder schwache Vermännlichung erreicht; zweitens, *die Tiere verhalten sich verschieden. Eine Anzahl wurde vermännlicht, andere wurden zu Weibchen.*" Damit sind wir gleichsam aus der Klemme: also auch hier war das Zuchtresultat nicht einheitlich, was wir bei Anwesenheit genetischer Geschlechtsfaktoren zu erwarten haben. Warum Darmextrakt anders wirkt als Rüsselextrakt, ist eine Frage für sich und bedarf weiterer Analyse.

Fassen wir zusammen, so scheint es nach den mitgeteilten Tatsachen fast sicher, daß wir bei Bonellia mit der Anwesenheit genetischer Geschlechtsfaktoren zu rechnen haben und damit wäre die divergente Entwicklung gleich behandelter Larven im Rüssel- oder Rüsselextrakt- oder im Intersexualitätsexperiment erklärt.

Über die Natur dieser genetischen Faktoren lassen sich vorerst noch keine konkreten Vorstellungen machen. B. deutet an, daß möglicherweise in seiner Population verschiedene Geschlechtsgenotypen sich vorfanden.

VI. Baltzers Erklärung der Geschlechtsbestimmung bei Bonellia.

Bei der Darstellung des Beobachtungsmateriales bin ich so viel wie möglich den BALTZERschen Gedankgängen direkt gefolgt und der Leser wird mit mir den Eindruck haben, daß die Aufklärungsarbeit mit seltener Beharrlichkeit Schritt für Schritt vorangeht. Sie ist aber noch lange nicht abgeschlossen; vielleicht ist heute erst ein Fundament gelegt. BALTZER legt sich infolgedessen bei seinen Erklärungsversuchen Reserve auf und spricht nur von Deutungsmöglichkeiten. Ich skizziere natürlich diejenige, die dem neuesten Stande der Arbeit entspricht, und der B. den Vorzug gibt [vgl. S. 268—270 (4) und S. 372—374 (5)].

Er geht aus von der Tatsache der Neotenie der Bonelliamännchen und nimmt an, daß die Rüsselsubstanz auf die Bonellialarven als Hemmungssubstanz wirkt, sie neotenisch macht und dadurch männliche Differenzierung hervorruft. Vielleicht sind ursprünglich die meisten Larven genetisch weiblich determiniert. Wirkt die Hemmungssubstanz nicht, so erhalten wir vorwiegend Weibchen; wirkt sie zu kurze Zeit, so reicht der Impuls zur fertigen Ausdifferenzierung in rein männlicher Richtung nicht; von einem bestimmten Moment an erfolgt eine Umstimmung und eine Weiterentwicklung in weiblicher Richtung; es entstehen Intersexe. Die späten Männchen der Glaszuchten entstünden, wie die Rüsselmännchen, durch Entwicklungshemmung, die in diesem Fall durch Hungerdegeneration hervorgerufen wird. Vielleicht aber sind außer genetischen Weiblichkeitsfaktoren und den männchenbestimmenden Rüsselstoffen auch genetische Männlichkeitsfaktoren vorhanden, die mit den Rüsselstoffen zusammenwirken. Weiter hat es den Anschein, als ob in der benützten Population verschiedene Geschlechtsgenotypen vorhanden wären. (In Zusammenhang mit der GOLDSCHMIDTschen Deutung kommen wir auf diesen Punkt zurück.) *Die anscheinend zunehmende männliche Tendenz alternder Zuchten wäre darauf zurückzuführen, daß im Laufe der Zucht eine Auslese der männlicheren Tiere zustande kommt. Auf die Frage endlich, warum die Entwicklungshemmung männliche Differenzierung zur Folge habe, antwortet B. mit einer Resignation: hier liegt ein phylogenetisches Problem, das einer direkten experimentellen Analyse nicht zugänglich ist* [vgl. S. 247—248 (4) und S. 374 (5)].

Unbequem liegt dieser Interpretation nach B. nur die Tatsache, daß die männliche Organisation im Vergleich zur weiblichen zwar größtenteils als Hemmungsform aufgefaßt werden muß, daß aber der Samenschlauch gegenüber dem Vorderdarm des Weibchens eine Weiterbildung bedeutet.

VII. Goldschmidts Deutung.

G. geht bei der Interpretation der Bonelliatatsachen von seiner allgemeinen Theorie der Geschlechtsbestimmung aus, deren Grundlagen ich ins Gedächtnis zurückrufe [vgl. S. 92—92 (6)]: Jedes befruchtete Ei besitzt normalerweise beiderlei Geschlechtsanlagen. Diese Geschlechtsfaktoren mögen Enzyme oder Körper von ähnlichem physikalisch-chemischem Charakter sein. Jedes dieser Enzyme, das der männlichen wie das der weiblichen Differenzierung, ist notwendig für die Auslösung einer Reaktion, deren Produkte die spezifischen Hormone der geschlechtlichen Differenzierung sind. Nun ist die Quantität der beiden Enzyme ein festgelegter Erbcharakter und der Mechanismus der Geschlechtsvererbung sorgt dafür, daß die beiderlei Geschlechtsenzyme so dosiert übertragen werden, daß im Normalfall entweder die männlichen Enzyme überwiegen oder die weiblichen. Die Produktion der Hormone der männlichen Differenzierung eilt somit bei der ersten Kombination voraus, die Entwicklung wird männlich. Umgekehrt im zweiten Fall.

Daraus folgt, daß das Entscheidende die Relation zwischen den beiden Geschlechtsenzymen und die Übereinstimmung ihrer Reaktionsgeschwindigkeit mit den zeitlichen Verhältnissen der Entwicklung ist. Geschwindigkeit der männlich-determinierenden Reaktion, Geschwindigkeit der weiblich determinierenden Reaktion und allgemeine

Differenzierungsgeschwindigkeit des Organismus sind also die 3 Größen, die in Harmonie stehen müssen, wenn das Resultat der Entwicklung normal sein soll. Würden wir eine Größe ändern und die anderen beiden unverändert lassen, so müßte die Entwicklung abnorm verlaufen. Wie nun G. an Lymantria zeigte, können bei verschiedenen Rassen die absoluten Quanten der Geschlechtsenzyme verschieden sein; kreuzen wir solche Rassen, so muß unser System gestört sein. Besitzt z. B. ein genetisches Bastardweibchen eine etwas zu starke Dosis von männlichen Enzymen, so entwickelt sich das Tier so lange in weiblicher Richtung, bis die Produktion der männlichen Hormone ihre wirksame Quantität erreicht hat, also größer geworden ist, wie die der weiblichen Hormone. Mit diesem Moment, dem sog. Drehpunkt, erfolgt die Weiterentwicklung in männlicher Richtung; alle Organe, die nicht schon ausdifferenziert sind, werden nun männlich und wir erhalten ein intersexes Tier.

Die Konsequenzen blieben dieselben, wenn wir die Reaktionsgeschwindigkeit der Geschlechtsenzyme unverändert ließen, dagegen die Differenzierungszeit des Organismus abänderten. Dieses Experiment, sagt G. 1920, scheint uns die Bonellia auszuführen. *Die Wirkung des Rüsselsekretes könnte in einer Beschleunigung der Differenzierung liegen, während die Reaktionsgeschwindigkeit der Geschlechtsenzyme unverändert bleibt* [S. 125 (6)].

Von dieser Voraussetzung ging G. erster Versuch, die Bonelliatatsachen zu erklären, aus. Er stieß auf große Schwierigkeiten und B. (4) lehnte diese Lösung ab.

Deshalb überprüfte G. an Hand des inzwischen neu veröffentlichten Materiales [B. (2—4)] BALTZERS Einwände und seine eigene frühere Darstellung und kommt in einer Mitteilung (7), die kurz nach der letzten Arbeit BALTZERS (5) erschien, zu dem Resultat, daß die Einwände nicht stichhaltig sind und BALTZERS Interpretation das eigentliche Bonelliaproblem offen läßt. Wir wollen wissen, warum die Entwicklungshemmung gerade mit männlicher Differenzierung und nicht mit weiblicher verbunden ist. Darauf antwortet B.: weil die Hemmung männliche Differenzierung hervorruft! „Die Erklärung der Männchenbestimmung durch Hemmungsbildung ist überhaupt keine Erklärung, sondern eine andere Ausdrucksweise für die Tatsachen, die erklärt werden sollen" [S. 444 (7)].

Um den früheren Schwierigkeiten aus dem Weg zu gehen, formuliert G. seinen Lösungsversuch nun neu (7). Das Erklärungsprinzip bleibt gleich; dagegen nimmt G. jetzt an, *daß die Wirkung des Rüsselsekrets die ist, daß es die Organdifferenzierung unverändert läßt, die sexuelle Differenzierung aber beschleunigt.* Weiter nimmt G. an, „daß männliche und weibliche Geschlechtsgene bei Bonellia so dosiert sein müssen, daß die geschlechtsbestimmenden Reaktionen, die sie katalysieren, so verlaufen, wie es die damalige Figur darstellte (vgl. in unserer Fig. 5 die MM- und Ff-Kurven. Es ist hier angenommen, daß dem Männchen die Faktorenformel MMFf zukommt. D. Ref.), schnelle männliche und langsame weibliche Reaktion. Das ergibt, daß alle Zellen des Individuums sich in jungen Stadien in einer männlichen, in späteren Stadien in einer weiblichen Determinationsphase befinden. Je nachdem, wann die Differenzierung der Sexualorgane stattfindet, fällt sie also in die männliche, weibliche oder in beide Phasen (Intersexe). Wenn die Rüsselsekretion nun die Wirkung hat, die sexuelle Differenzierung zu beschleunigen, so daß sie in die erste Phase fällt, dann erklärt dies, warum daraus ein Männchen entsteht und somit wäre der Grundversuch erklärt. Zu dieser Erklärung, die den aprioristischen Vorzug hat, auch diesen Fall der allgemeinen Theorie einzuordnen, die sich mehr und mehr bewährt, ist noch zu bemerken, daß ihr jetzt noch zugefügt werden könnte, daß die Rüsselsekretion also durch Be-

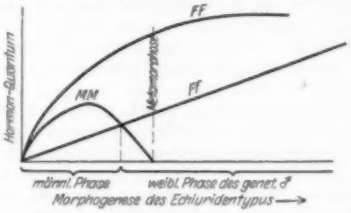

Fig. 5. GOLDSCHMIDTS Deutung der Geschlechtsbestimmung bei Bonellia [nach G. (7)].

schleunigung der sexuellen Differenzierung bei unveränderter Organdifferenzierung Pädogenese bedingt, und daß die Tatsachen zeigen, daß die Erreichung der vollen Geschlechtsreife des Männchens eine weitere Organdifferenzierung, also Metamorphose verhindert" [S. 445 (7)].

Entscheidend für jede Interpretation des Bonelliaproblemes ist die Frage, ob die Geschlechter schon durch genetische Faktoren determiniert sind. In diesem Punkte kommt G., wenigstens in der Hauptfrage, annähernd zu denselben Schlußfolgerungen, zu denen B. in seiner letzten Arbeit (5) kam (vgl. Kap. V). „Im großen ganzen, allerdings mit Vorsicht, möchte ich daher aus Bs. Material schließen, daß es bei Bonellia genetische Geschlechter gibt, daß die weiblich determinierten Tiere stets zu Weibchen werden (vgl. Fig. 5), die männlich determinierten aber in der Regel durch Parasitismus zu Männchen, durch verkürzten Parasitismus zu Intersexen, ohne Parasitismus unter transitorischer Intersexualität (Spermabildung) zu Weibchen. Ausnahmsweise gelänge auch männlichen Larven als Folge von Inanition die männliche Differenzierung. Unter diesem Gesichtspunkt müssen also diese Ausnahmsmännchen, die in Bs. Argumentation eine so große Rolle spielen, verglichen werden mit den Spermaweibchen. Letztere wären dann genetische Männchen,

denen in Abwesenheit alter Weibchen es gelingt, ohne Vollendung der männlichen Phase (die Entwicklungsstillstand bedingen würde) in die weibliche Phase einzutreten, die Ausnahmsmännchen wären solche männlichen Larven, die infolge der Inanition an der Überwindung der männlichen Phase verhindert werden und in ihr stecken bleiben; die Ausnahmsintersexe wären männliche Larven, die durch Inanition nicht völlig an der Überwindung der männlichen Phase verhinder wurden" [S. 449 (7)]. Wenn also bei Aufzucht ohne Parasitismus zuletzt Intersexe und einige Männchen auftreten, so bedeutet das nicht, daß die männliche Tendenz zugenommen hat, sondern bei diesen Ausnahmstieren bedingt die Hungerdegeneration eine Verlangsamung der Lebensreaktionen, also auch der F- und M-Reaktion, so daß sie länger als üblich in der männlichen Phase sich befinden. Warum findet aber überhaupt eine geschlechtliche Differenzierung statt? Einzig und allein das bedarf einer Erklärung! „Es bleibt keine andere Annahme als die, daß die Inanitionsstoffe wie die Rüsselstoffe wirken können, eine Annahme, die auch B. machen muß (wenn er sie auch als Hemmungsstoffe auffaßt)" [S. 451 (7)]. Das verschiedene Ergebnis der Experimente mit alten und jungen indifferenten Larven erklärt G. wie B.

Das ist der GOLDSCHMIDTsche Lösungsversuch. G. betont, daß er an dem vorliegenden Material nicht bewiesen werden kann und neue Experimente über ihn entscheiden müssen. Daß er experimentell geprüft werden kann, erhellt ohne weiteres. Ich mache nur darauf aufmerksam, daß z. B. bei Aufzucht ohne Parasitismus, die Richtigkeit der G.-Lösung vorausgesetzt, 2 Kategorien von Tieren auftreten müßten: ungefähr die Hälfte der Tiere muß sich direkt zu Weibchen entwickeln (das sind die genetischen Weibchen!), die andere Hälfte muß aus den Spermaweibchen und den Ausnahmsmännchen bestehen (das sind die genetischen Männchen!).

VIII. Zusammenfassung und Versuch einer neuen Deutung.

Ich denke, es wird sich im Laufe dieser Ausführungen gezeigt haben, daß von der Lösung des Bonelliaproblemes für unsere Anschauungen über Geschlechtsbestimmung außerordentlich viel zu erwarten ist. Meine ausführliche Zusammenfassung des in zerstreuten, zum Teil wenig leicht zugänglichen Zeitschriften veröffentlichten Tatsachenmateriales wird deshalb wohl gerechtfertigt sein und ich kann es nun dem Leser überlassen, das Tatsachenmaterial mit den beiden Lösungsversuchen zu konfrontieren. Vielleicht aber erwartet er doch, daß ich selbst hinter dem Baum hervortrete und Farbe bekenne. Das soll geschehen.

Auch wenn es BALTZER gelingen sollte, den Ring seiner Beobachtungen und Folgerungen zu schließen, d. h. also, wenn es ihm gelingen sollte, zu zeigen, daß die Rüsselstoffe tatsächlich die Entwicklung hemmen und daß diese Hemmung es ist, die die männliche Differenzierung hervorruft, so bliebe immer noch das Hauptproblem zu erklären, wie G. schon hervorhob, warum die Hemmung gerade männliche und nicht weibliche Differenzierung verursacht. Zudem bliebe wohl die Intersexualität entwicklungsphysiologisch ungeklärt. Man wird aber lieber nach einer Lösung greifen, die auf's Ganze geht. GOLDSCHMIDTS Erklärungsversuch entspricht dieser Forderung, denn er ist seiner allgemeinen Sexualitätstheorie eingeordnet und nach dem bis heute vorliegenden Beobachtungsmaterial scheint es mir in der Tat wahrscheinlich, daß in der Richtung der GOLDSCHMIDTschen Erklärung die definitive Lösung liegen wird und an Bonellia der große Wurf GOLDSCHMIDTS, eben seine allgemeine Sexualitätstheorie, eine neue Bestätigung erhalten könnte.

Ich glaube aber nicht, daß die Formulierung, die G. für den Bonelliafall jetzt gegeben hat, eine endgültige ist und glaube auch nicht einmal, daß sie die einfachste Lösung ist, die nach dem heutigen Stande unseres Wissens vom Boden seiner Theorie zu finden ist.

Wenn G. annimmt, daß die genetischen Weibchen stets zu Weibchen werden „und bis jetzt kein Grund vorliegt anzunehmen, daß sie zu Männchen oder Intersexen werden könnten" [S. 450 (7)], so übersieht er die Ausgangsexperimente, mit denen die Arbeit an Bonellia begann (1)[1]). Wird den Larven genügend Gelegenheit zum Parasitismus gegeben, so setzen alle, oder jedenfalls fast alle, an und werden zu Männchen (vgl. Kap. IV., 3a). Aus der geschilderten Versuchsanordnung folgt, daß, wenn überhaupt genetische Weibchen vorhanden sind (woran heute kaum mehr gezweifelt werden kann), diese unter den Versuchstieren vorhanden sein mußten. Die Tatsache, daß genetische Weibchen in Männchen sich umwandeln können, dürfte also erwiesen sein und GOLDSCHMIDTS Erklärung, die sich auf die genetischen Männchen beschränkt, ist demnach nicht vollständig und sein Kurvenschema (Fig. 5) reicht nicht aus.

Aber auch sonst ist die G.sche Formel kein vollkommener Ausdruck für die Vorgänge, die tatsächlich beobachtet werden können. Die Wirkung des Rüsselsekretes kann nicht nur in einer Beschleunigung der sexuellen Differenzierung liegen, denn wir wissen, daß Tiere, die nach kurzem Rüsselparasitismus sich in rein weiblicher Richtung entwickeln, ihren gleich alten Geschwistertieren, die nicht parasitierten, in der Entwicklung voraus eilen (vgl. Kap. IV., 3c). Die Organdifferenzierung muß also mit beeinflußt werden. Das bringt aber, wenn wir uns auf den Boden der G.schen Erklärung stellen, in das Spiel unserer 3 Variabeln eine neue Komplikation.

Sehr fraglich ist ferner, ob G. in der Frage nach den genetischen Geschlechtsfaktoren bei Bonellia das Richtige trifft. Er nimmt streng determinierte

[1]) Daß diese inzwischen wieder neue Bestätigungen erfahren haben, folgt aus BALTZERS brieflichen Mitteilungen, die ich zitierte.

Geschlechter an (Weibchen = FFMM, Männchen = FfMM; oder umgekehrt! welches Geschlecht digametisch ist, ist ja unbekannt). Wären aber die Geschlechter streng determiniert, so müßten bei den Extraktzuchten und den Rüsselexperimenten 2 verschiedene Kategorien von Tieren ungefähr im Verhältnis 1 : 1 erkennbar werden; auf der einen Seite die genetischen Weibchen, auf der anderen die genetischen Männchen, oder ihre Umwandlungsstufen. Es liegt aber bis jetzt kein Experiment vor, das auch nur annähernd dieses Ergebnis aufweisen würde. Ich gebe die konkreten Zahlen eines Versuches [vgl. S. 256 (4)]: Ausgangsmaterial 100 Larven; während des Versuches gehen unkontrolliert verloren 5 Larven, 2 bleiben indifferent, 2 starben ab. Unter den verbleibenden 91 entwickelten sich 17 zu reinen Weibchen, 61 zu Spermaweibchen, 7 Tiere wurden typisch intersex und 6 wurden reine Männchen. Das ergibt ein Verhältnis von 17 : 74, statt 1 : 1, wie nach G. erwartet werden müßte. Dazu kommt, daß B. ausdrücklich bemerkt (briefliche Mitteilung), daß er in den Experimenten von 1925 nach dem Verhältnis 1 : 1 suchte, aber nichts derartiges fand, weil, wie schon erwähnt, in diesen Zuchten die Spermaweibchen, die leicht nachweisbar sind, sich nach der Kontrolle am lebenden Material überhaupt nicht vorfanden.

Halten wir uns an die Tatsachen, so müssen wir B. recht geben, wenn er von „typisch-genetischen" Weibchen, von „typisch-genetischen" Männchen, von „genetisch-intermediären" und anderen genetischen Zwischenstufen spricht [vgl. z.B. S. 373 (5)]. Wir haben jedenfalls mit diesen oder ähnlichen Möglichkeiten zu rechnen. Die Untersuchung gerade dieser Fragen steckt jedoch, worauf B. selbst hinweist, noch in den Anfängen. In diesem Zusammenhang mache ich darauf aufmerksam, daß der Uterus eines Weibchens meist mehrere bis viele Männchen beherbergt, die wohl alle Samen liefern. Es ist also technisch durchaus möglich, daß in ein und demselben Gelege die verschiedensten Geschlechtsgenotypen vorhanden sind.

Am wenigsten endlich befriedigt die Erklärung der sogenannten Ausnahmsmännchen, oder Inanitionsmännchen, wie GOLDSCHMIDT sie nennt. BALTZER schlägt für sie die neutrale Bezeichnung „Spätmännchen" vor. Dem Standpunkte BALTZERS bereiten diese in Glaszuchten zuletzt auftretenden Männchen keine Schwierigkeiten. Wenn Entwicklungshemmung durch Rüsselgifte männliche Differenzierung hervorruft, so ist leicht verständlich, daß Entwicklungshemmung durch Hunger im gleichen Sinne wirkt. Nach G. dagegen beschleunigen die Rüsselsekrete die sexuelle Differenzierung; die Inanitionsstoffe sollen dasselbe tun, nachdem vorher durch Hungerdegeneration eine Verlangsamung der gesamten Lebensreaktionen, also auch der F- und M-Reaktion, erfolgte.

Diese Annahme ist nicht überzeugend und wohl überflüssig, denn es liegt näher, die Spätmännchen als „typisch-genetische" Männchen aufzufassen, in welchen die M- und F-Reaktionen normal ablaufen. Von hier aus ist nun die Wirkung des Rüsselparasitismus zu beurteilen. Er beschleunigt die Organdifferenzierung und beschleunigt die sexuelle Differenzierung. So weit stellen wir nur Tatsachen fest. Wir verlassen den realen Boden der Tatsachen noch nicht, wenn wir weiter feststellen, daß beide Sexualreaktionen, die M- und F-Reaktion, beschleunigt werden, denn die „Rüsselweibchen" scheinen sich in allem rascher zu differenzieren, als ihre gleich alten, normal gezogenen Schwestern. Nun sollten wir wissen, ob beide Reaktionen im selben Maße beschleunigt werden. *Nehmen wir an, daß die Wirkung des Rüsselsekretes vor allem in einer starken Beschleunigung des Ablaufes der M-Reaktion beruht*, so kommen wir im Rahmen der allgemeinen GOLDSCHMIDTschen Geschlechtsbestimmungstheorie zu einem Lösungsversuch des Bonelliaproblemes, der den jetzt vorliegenden Tatsachen gerecht wird, wie noch andeutungsweise gezeigt werden soll.

Warum entstehen bei Rüsselparasitismus nur Männchen? Nach unserer Annahme ist klar, daß die genetischen Männchen sich nur männlich differenzieren können und rascher ans Ziel kommen, als ohne Parasitismus. Die genetisch-intermediären und weiblich determinierten Tiere werden zu Männchen, weil die M-Reaktion durch die beschleunigende Wirkung der Rüsselstoffe die F-Reaktion rasch überholt. Dabei wäre denkbar, daß bei den am stärksten weiblich determinierten Tieren die kurze Phase, in welcher die FF-Kurve noch dominiert, morphologisch in Erscheinung treten könnte, zumal wir wissen, daß durch den Parasitismus ja auch die F-Reaktion eine schwache Förderung erfährt. Organe, die zuerst differenziert werden, könnten also bei dieser Kategorie von Tieren weiblich sein. Ob solche Beobachtungen vorliegen, weiß ich nicht.

Warum entstehen bei Aufzucht ohne Parasitismus in der Hauptsache nur Weibchen, daneben aber auch Intersexe und reine Männchen? Wir betrachteten die „Spätmännchen" als typisch-genetische Männchen, die sich entsprechend ihrer Veranlagung verhalten, also zu Männchen werden. Ebenso werden die typisch-genetischen Weibchen in rein weiblicher Richtung sich entwickeln. Für alle genetisch mehr oder minder Intermediären besteht die Möglichkeit, in männlicher oder weiblicher Richtung sich zu differenzieren. Wie die Tatsachen lehren, werden (wenigstens in manchen Fällen!) erst für kurze Zeit Spermien produziert, dann erfolgt ein Umschlag, und die ganze übrige Entwicklung läuft im Zeichen der Weiblichkeit, es entstehen die sog. Spermaweibchen. Diese treten in den Zuchten im großen und ganzen erst nach den reinen Weibchen auf. Das ist verständlich, denn bei letzteren überwiegt von Anfang an das Quantum der FF-Enzyme und die wirksame Konzentration der Hormone der weiblichen Differenzierung ist rascher erreicht, während die Spermaweibchen die Entwicklung mit ungefähr gleich großen Quanten von F- und M-Enzymen beginnen.

Wie sind die Resultate der Intersexualitätsexperimente zu erklären? Nach ganz kurzem Parasitismus entstehen in der Hauptsache Weibchen, daneben Intersexe und wenige Männchen. Das ist nach unseren Annahmen zu erwarten, da bei den typisch-genetischen Weibchen ein kurzer Parasitismus nicht reicht, die MM-Reaktion so zu fördern, daß sie die FF-Reaktion überholt. Die genetisch Intermediären werden intersex, mit kürzerer oder längerer männlicher Phase; die genetischen Männchen werden zu Männchen. Je länger der Parasitismus dauert, um so stärker wird sich die Förderung der M-Reaktion geltend machen, es entstehen höhere Grade von Intersexualität und schließlich nur noch Männchen. Die Reihenfolge der zeitlich nacheinander auftretenden Geschlechtstypen entspricht also unserer Annahme.

Wie ist die „stärkere männliche Tendenz" alter Larven zu erklären? BALTZER hat darauf die Antwort schon gegeben: Da sich die am stärksten weiblich determinierten Tiere zuerst ausdifferenzieren, kommt es im Laufe der Zucht zu einer Auslese der genetisch-männlicheren Tiere. — — —

Ich brauche kaum zu betonen, daß auch dieser Deutungsversuch nicht bewiesen ist und, wie die anderen, nach neuen Tatsachen verlangt.

Literatur:

1. F. BALTZER 1914, Die Bestimmung des Geschlechts nebst einer Analyse des Geschlechtsdimorphismus bei Bonellia. Mitt. d. Zool. Stat. Neapel **22**, Nr. 1, S. 1—44. 9 Textfig.
2. F. BALTZER 1924, Über die Giftwirkung weiblicher Bonelliagewebe auf das Bonelliamännchen und andere Organismen und ihre Beziehung zur Bestimmung des Geschlechts der Bonellialarve. Mitt. d. Nat. Ges. Bern, Heft VIII, S. 1—20.
3. F. BALTZER 1925, Über die Giftwirkung der weiblichen Bonellia und ihre Beziehung zur Geschlechtsbestimmung der Larve. Revue Suisse de Zool. **32**, Nr. 7, S. 87—93.
4. F. BALTZER 1925, Untersuchungen über die Entwicklung und Geschlechtsbestimmung der Bonellia. Pubbl. d. staz. zool. di Napoli: Ricerche di fisiol. e di chim. biol. **6**, 223—286. 1 Taf. und 9 Textfig.
5. F. BALTZER 1926, Über die Vermännlichung indifferenter Bonellialarven durch Bonelliaextrakte. Revue Suisse de zool. **33**, Nr. 8, S. 359—374. 6 Textfig.
6. R. GOLDSCHMIDT 1920, Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Berlin: Borntraeger.
7. R. GOLDSCHMIDT 1926, Bemerkungen zum Problem der Geschlechtsbestimmung bei Bonellia. Biol. Zentralbl. **46**, Nr. 8, S. 441—452. Mit 1 Kurve.

Frankreich und die École Polytechnique in den ersten Jahrzehnten des neunzehnten Jahrhunderts[1]).

Von FELIX KLEIN, Göttingen.

(Schluß.)

Geometrie.

Ich komme nun zum zweiten Punkt meiner Einteilung, der sich an die École Polytechnique anschließenden Produktion, zur *Geometrie*.

Wir erwähnten bereits die hervorragende Bedeutung, die der Geometer MONGE (1746—1818) für die Gründung und die Entwicklung der École Polytechnique besitzt. Seiner außerordentlich erfolgreichen Tätigkeit als Organisator und Lehrer ist es zu verdanken, daß während der ersten zwanzig Jahre des Bestehens der Schule die Geometrie den eigentlichen Mittelpunkt des Lehrbetriebes bildete. Das Wesen dieses Unterrichtes, das Geheimnis des großen Erfolges, lag offenbar in MONGES besonderer Persönlichkeit, die im unmittelbaren Verkehr ungemein fesselnd und die eigenen Kräfte weckend auf seine Schüler einwirkte. Von der Energie und Lebendigkeit dieses Unterrichtes geben naturgemäß die gedruckten, auf uns überkommenen Zeugnisse nur ein unvollkommenes Bild, wenn auch selbst sie noch der Begeisterung Ausdruck verleihen, die jeder Teilnehmer ihm entgegenbrachte.

Zwei Werke sind es, die MONGE, aus der Praxis des Unterrichtes hervorgegangen, uns hinterlassen hat:

1. Die *géométrie descriptive*, die von 1795 an zunächst in losen Blättern erschien und dann zu dem grundlegenden Lehrbuch dieses von MONGE in feste Formen gebrachten Faches wurde. In ihr findet sich die Veröffentlichung des normalen Lehrplanes, wie ihn MONGE schon in Mezières ausgebildet hatte. Wir haben noch eine spätere Ausgabe von 1849, ed. Brisson, und eine deutsche Übersetzung nach der Ausgabe von 1798 von HAUSSNER, erschienen in OSTWALDS Klassikern (Nr. 117). In beiden Ausgaben findet sich eine lebhafte Schilderung von MONGES Lehrtätigkeit.

2. *L'application de l'analyse à la géométrie*, ebenfalls von 1795 beginnend allmählich erschienen, ein Lehrbuch der analytischen Geometrie des Raumes mit besonderer Betonung der differentiellen Verhältnisse. Es existiert eine Ausgabe von LIOUVILLE aus dem Jahre 1850; sie enthält viele Zusätze, u. a. einen vollständigen Abdruck von GAUSS' Disquisitiones circa superficies curvas.

Neben diesen beiden selbständigen Werken steht nun aber die große Produktivität der MONGEschen Schüler, die von der Geistesrichtung und dem Ideenreichtum des Lehrers beredten Ausdruck gibt. Sie tritt an die Öffentlichkeit in *Gergonnes Annales des mathématiques pures et appliquées* (21 vol. 1810—31, Nîmes), der ersten (ihrem Namen widersprechend) *rein* mathematischen Zeitschrift, die weithin Bedeutung gewann.

Diese Zeitschrift repräsentiert uns, zusammen mit MONGES Werken, den allgemeinen Charakter seiner geometrischen Schule. Sie zeichnet sich

[1]) Aus den Vorlesungen von FELIX KLEIN über die Entwicklung der Mathematik und mathematischen Physik im neunzehnten Jahrhundert.

dadurch aus, daß sie die lebhafteste räumliche Anschauung auf das natürlichste mit analytischen Operationen verbindet. Die analytische Formel ist nicht Selbstzweck, sondern nur der kürzeste Ausdruck tatsächlich angeschauter, räumlicher Beziehungen; ihre Weiterentwicklung wird gewonnen auf Grund räumlicher Konstruktionen.

Auf den Inhalt des ersten MONGEschen Werkes brauche ich kaum einzugehen, denn der damals geschaffene Lehrgang behauptet noch heute in Vorlesungen und Übungen über darstellende Geometrie seine Gültigkeit. Von besonderem Interesse dürfte es vielleicht sein, daß MONGE von dem bloßen Zeichnen bereits zum Modellieren übergeht, ein Darstellungsverfahren, das von seinen Nachfolgern, insbesondere von OLIVIER für immer weitergehende Aufgaben verwendet wurde. Leider sind OLIVIERS Modelle im Conservatoire des Arts et Métiers infolge der mangelnden Haltbarkeit der Seidenfäden jetzt ganz zerfallen. In diesen Bestrebungen ist der geschichtliche Ursprung aller späteren Sammlungen mathematischer Modelle zu sehen. Wie heute, so war auch damals der Zweck des Modells, nicht etwa Schwäche der Anschauung auszugleichen, sondern eine lebendige, deutliche Anschauung zu *entwickeln*, ein Ziel, das vor allem durch das Selbstanfertigen von Modellen am besten erreicht wird.

Das zweite angeführte Werk von MONGE „liest sich wie ein Roman", d. h. es zeichnet sich aus durch eine zusammenhängende, klare (nicht etwa nach dem alten Schema: Voraussetzung, Behauptung, Beweis zerteilte) flüssige Darstellung. Aus den Elementarformeln entwickelt sich in freier Betätigung der Phantasie eine Fülle geometrischer Betrachtungen, die sich auf die von Natur sich zunächst anbietenden Probleme erstrecken. Rotationsflächen, Schraubenflächen, Linienflächen und das Problem der Flächenabwicklung werden in dieser Weise behandelt und schließlich eine allgemeine überzeugende Deutung der von LAGRANGE gegebenen Integrationstheorie der partiellen Differentialgleichung

$$f\left(x, y, z, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right) = 0$$

gewonnen. Dabei ist als Triebkraft der Entwicklung überall das durchzuspüren, was nach einem Ausspruch von CLEBSCH in seiner PLÜCKERbiographie den wahren Geometer macht: die Freude an der Gestalt. Das Ziel ist, ähnlich wie auf anderem Gebiete bei FOURIER, nicht die formelle Exaktheit der Schlüsse, sondern die Klarheit der Erkenntnis und das Ausspinnen naturgemäßer Fragestellungen.

Die so umschriebene Denkart kam noch zu MONGES Zeiten vor allem den Gebilden zweiten Grades zugute, den Kreisen und Kugeln, den Kegelschnitten und den Flächen zweiten Grades. Es entstanden u. a. die Lehre von Pol und Polare, von der doppelten geradlinigen Erzeugung des einschaligen Hyperboloids und des hyperbolischen Paraboloids, von den Krümmungskurven und ihrer Bestimmung auf den Flächen zweiten Grades usw.

In der folgenden Zeit wirkt der von MONGE ausgehende Impuls nach, und es darf als höchster Erfolg des Lehrers MONGE bezeichnet werden, daß unter den Schülern sich eine ganze Anzahl selbständiger Persönlichkeiten entwickelt, die im einzelnen ihren Führer übertreffen. Unter ihnen kann ich hier nur diejenigen nennen, deren Arbeiten in der Folge von besonderer Bedeutung gewesen sind.

Ich greife zunächst auf DUPIN zurück, dessen schiffsbautechnische Leistungen schon in anderem Zusammenhang erwähnt wurden. Die Geometrie verdankt ihm viele neue Betrachtungen und Theoreme, deren Behandlung sich durch besondere Eleganz auszeichnet. Sie sind enthalten in DUPINS großem geometrischen Werk *„Développements de géométrie"* 1813. Ich hebe nur die bekanntesten Theoreme heraus, die sich an seinen Namen knüpfen. Da ist vor allem die berühmte *Dupinsche Zyklide*, eine Fläche, die umhüllt wird von allen Kugeln, die drei feste Kugeln (und damit eine ganze zweite Kugelschar) berühren; ferner das sog. *Dupinsche Theorem*, welches aussagt, daß sich die Flächen eines Orthogonalsystems in ihren Krümmungslinien wechselseitig schneiden. Beide Betrachtungen laufen zusammen in der Theorie der konfokalen Flächen zweiten Grades. Auch DUPINS *Indicatrix*, betreffend konjugierte Tangenten in einem Flächenpunkte, möchte ich erwähnen. Diese kleine Auswahl einzelner schöner Entdeckungen möge ein Bild geben von der Fülle wertvoller Bereicherung, die die Geometrie DUPIN verdankt.

Ehe ich nun zu MONGES größtem Schüler, PONCELET, übergehe, möchte ich doch eines etwas abseits stehenden Mannes gedenken, des *älteren* CARNOT. Sein uns hier interessierendes Buch „Géométrie de position" erschien 1803[1]). CARNOT (1753—1823) war schon in Mezières Schüler von MONGE. Als General und überzeugter Republikaner spielte er eine bedeutende Rolle in der Revolutionszeit, wie wir schon oben andeuteten. Erst in späterem Alter gewann er wieder Muße zu wissenschaftlicher Arbeit, die er zumeist auf mathematische Probleme prinzipieller Art anwendete.

Seine „Géométrie de position" ist ein sehr merkwürdiges Buch. Sie enthält einen an sich bedeutenden, ganz modernen Gedanken: man müsse in der Geometrie die verschiedenen Fälle, welche eine Figur je nach Anordnung ihrer Teile darbieten kann, nicht trennen, wie es seit EUKLID immer geschah, sondern sie durch Einführung des Prinzipes der Vorzeichen unter eine gemeinsame Betrachtung stellen. In dieser Form spricht aber CARNOT den Gedanken nicht etwa aus. Im Gegenteil: er wehrt sich hartnäckig gegen die ganze in der Analysis übliche Lehre von den Vorzeichen, die er für schlecht begründet und widerspruchsvoll erklärt. Diese Behauptung glaubt er zu beweisen,

[1]) Deutsche Übersetzung von H. C. SCHUMACHER: „Geometrie der Stellung". Altona 1810.

indem er fortwährend rein formalistisch mit mehrdeutigen Funktionen herumrechnet, um dann schließlich zu „falschen" Resultaten zu kommen, wie etwa $\sqrt{-a}\cdot\sqrt{-a}=\sqrt{a^2}=a$ usw. Für sein geometrisches Bedürfnis will er die Zeichenregeln lediglich durch Betrachtung der Figur und ihrer Änderungen selbst entstehen lassen, und auf diesem Grunde eine „théorie des figures correlatives" schaffen. So soll die Geometrie von der „Hieroglyphenschrift der Analysis" befreit werden und wieder in rein synthetischer Form neu entstehen.

Die Durchführung dieser Gedanken ist zuweilen ideenreich, vielfach aber elementar bis zur Trivialität. Vielleicht kann man das Buch auffassen als ein Gegenbild zu CARNOTS unbestechlicher, aber nicht genialer Persönlichkeit.

Erwähnen möchte ich als einzelnen Zug, daß der sehr bekannte elementare Satz über die Gleichheit der Produkte der Abschnitte, die von einer beliebigen Transversale auf den Seiten eines Dreieckes gebildet werden, von CARNOT stammt, wie er denn auch häufig als CARNOTsches Theorem bezeichnet wird.

Von geschichtlicher Bedeutung ist das CARNOTsche Buch durch seine Ablehnung der Analysis. Hier ist die Quelle für den nun bald hervortretenden Gegensatz zwischen analytischer und synthetischer neuerer Geometrie, der sich schließlich zu einer Gegnerschaft von prinzipieller Bedeutung auswächst.

War in CARNOT schon eine unklare Ahnung vorhanden, in welcher Richtung die Entwicklung der neuen Geometrie zu suchen sei, so tritt uns nun in PONCELET ihr großer Schöpfer entgegen, der die Ideen MONGES und CARNOTS mit größter Genialität aufnimmt und ihnen unter Überwindung aller Schwierigkeiten zum Durchbruch verhilft. Durch Voranstellung des „Projizierers" und der „Reziprozität" als einheitliches geometrisches Prinzip wird er zum Entdecker und Begründer der „projektiven Geometrie", die, alle bisherigen Gegensätze einend, zu größter Fruchtbarkeit sich weiterbilden sollte. Die neue Art geometrischer Anschauung, „das projektive Denken" ist es, was ihn wesentlich über seine Vorgänger hinauswachsen läßt.

Über die besondere Entstehungsweise von PONCELETS großem geometrischen Werk, dem „traité des propriétés projectives des figures" (1813 bzw. 1822) wurde bereits berichtet.

PONCELET geht von der Betrachtung der *Zentralprojektion* aus, die studiert wird in Hinsicht auf diejenigen Beziehungen der in der Figur auftretenden Stücke, die bei einer beliebigen Zentralprojektion ungeändert bleiben. Durch diese Betrachtungsweise sieht er sich veranlaßt, den zunächst vorliegenden geometrischen Elementen ganz bestimmte „unendlich ferne" hinzuzufügen, der Geraden einen unendlich fernen Punkt, der Ebene eine unendlich ferne Gerade, dem Raum eine unendlich ferne Ebene. Nun ist er imstande, Sätze in aller Allgemeinheit auszusprechen, unter denen der Satz von der Konstanz des Doppelverhältnisses von vier auf einer Geraden gelegenen Punkten eine hervorragende Rolle spielt. Ich will hier nicht untersuchen, wieweit solche Ideenbildungen schon bei älteren Autoren vorhanden waren; bei PONCELET werden sie bewußt zur Grundlage alles Weiteren gemacht, und darin liegt der wesentliche Fortschritt der Auffassung.

Als zweites wichtiges Element der neuen Geometrie ist die aus der Lehre von Pol und Polare bei den Kurven und Flächen zweiten Grades hervorgehende Entwicklung anzusehen, die zu einer allgemeinen *Theorie der Reziprozität* führt. In der Ebene werden Punkt und Gerade im Raum Punkt und Ebene gleichberechtigt und vertauschbar als geometrische Grundelemente einander gegenübergestellt. So entspricht z. B. die aus Punkten gebildete ebene Kurve der von Tangenten umhüllten ebenen Kurve, d. h. sich selbst, der Raumkurve entspricht die Developpable usw.

Zu diesen beiden neuen Ideenbildungen tritt nun, von allen Unklarheiten befreit und genial durchgeführt, der CARNOTsche Gedanke von der *„Correlativität der Figuren", das Prinzip der Kontinuität.* Es sagt aus, daß eine an einer Figur mit hinreichender Allgemeinheit erkannte Beziehung auch für alle anderen Figuren gilt, die sich aus ihr durch kontinuierliche Lagenveränderung ableiten lassen.

Von diesem Prinzip macht PONCELET die kühnsten und weitgehendsten Anwendungen, unbekümmert wagt er sich in das Gebiet des Imaginären, wo die Verhältnisse ihm das zu verlangen scheinen. So folgt z. B. für ihn aus der Tatsache, daß zwei Kegelschnitte sich in höchstens vier Punkten schneiden, der Satz, daß diese Anzahl von Schnittpunkten immer vorhanden sein müsse; nur können zwei oder alle vier imaginär geworden sein. Von hier aus gelingt ihm die *projektive Definition des Kreises,* als eines Kegelschnittes, der mit der unendlich fernen Geraden zwei feste imaginäre Punkte — die „Kreispunkte", wie wir heute sagen — gemein hat. Ebenso definiert er die Kugel als Fläche zweiten Grades, die aus der unendlich fernen Ebene eine bestimmte imaginäre Schnittkurve ausschneidet, die wir heute als „Kugelkreis" bezeichnen. Weil das einschalige Hyperboloid zwei Scharen geradliniger Erzeugender trägt, muß dies auch beim Ellipsoid gelten; nur daß die Geradenscharen hier offenbar imaginär sind, usw.

Fragen wir uns nun, welche Begründung PONCELET diesen unerhört kühnen Gedankenkonstruktionen gibt, so müssen wir zu unserem Erstaunen feststellen, daß eine solche überhaupt nicht vorhanden ist. Für das Prinzip der Kontinuität, das PONCELET intuitiv klar war, fehlt jeder Beweisansatz; aber auch zu einer etwaigen Definition des imaginären Punktes wird nicht einmal ein Versuch gemacht. Offenbar fehlte PONCELET jegliches Bedürfnis in dieser Richtung, insbesondere als seine Schlußresultate immer konjugiert komplexe Elemente enthalten, also sich ganz im Reellen bewegen.

Erst die Bezugnahme auf die Analysis, die PONCELET grundsätzlich ablehnt, konnte das neue Gedankengebäude auf eine sichere Grundlage stellen. Der imaginäre Punkt ist dann ebenso wie der reelle nur ein gemeinsamer Lösungswert einer Anzahl gleichzeitig erfüllter Gleichungen, die je ein zum Schnitt gebrachtes geometrisches Gebilde darstellen. Daß die nämliche Anzahl von Gebilden gleichen Grades immer das gleichartige Schnittgebilde, z. B. die gleiche Anzahl „Punkte", hervorbringen, ist nichts als der Satz über die gemeinsamen Lösungswerte algebraischer Gleichungen, die je nach den Größenverhältnissen der Koeffizienten reell oder imaginär ausfallen, aber bei gleicher Zahl und gleichem Grad der beteiligten Gleichungen immer in gleicher Anzahl vorhanden sind. Was endlich das Prinzip der Kontinuität selbst anbetrifft, so ist auch dieses mit den Mitteln der modernen Funktionentheorie nicht schwer zu begründen. Ein jeder geometrischer Satz ist analytisch auszudrücken (wenn wir Geometrie so umgrenzen, wie es damals üblich war) durch die Nullsetzung einer algebraischen oder auch nur analytischen Funktion $f(a, b, c \ldots)$ der darin in Beziehung gesetzten Stücke $a, b, c \ldots$ der Figur. Das Prinzip der Kontinuität spricht dann nichts anderes aus, als daß eine analytische Funktion, die längs eines noch so kleinen Stückes ihres Bereiches verschwindet, überhaupt gleich Null ist.

PONCELET ist als einer der vornehmsten Vertreter jener kühnen Eroberer anzusehen, wie wir sie an anderer Stelle charakterisiert haben. Die von ihm ausgehende große Nachwirkung durchzieht das ganze neunzehnte Jahrhundert und ist ein wesentliches Stück unseres eigenen Denkens geworden.

Analysis und Algebra.

Ich wende mich nun zu dem dritten Punkt meiner Einteilung, der Algebra und Analysis an der polytechnischen Schule.

Wir werden uns hier darauf beschränken müssen, von CAUCHY zu sprechen und aus der Fülle wichtiger Arbeiten, die er auf allen Gebieten der reinen Mathematik aufzuweisen hat, nur die allerbedeutendsten herauszugreifen.

Allen voran stehen seine Arbeiten über die *Grundlegung der Analysis*; sie erscheinen aufs engste verknüpft mit dem Unterricht an der École Polytechnique. Es sind

1. *Cours d'Analyse* (Analyse algébrique) 1821. Werke sér. 2, III, S. 1—331.

2. *Résumé des leçons données sur le calcul infinitésimal*, 1823[1]). Werke sér. 2, IV, S. 1—261.

3. Zahlreiche Einzelveröffentlichungen über *Differentialgleichungen*, die an autographierte Blätter aus den zwanziger Jahren anknüpfen, aber erst um 1840 in den Comptes Rendus und anderwärts ausgeführt werden.

Die beiden erstgenannten Werke stammen noch aus CAUCHYS Zeit der sorgfältigen Form. Es sind wohlgegliederte Lehrbücher, in denen aber nicht wie bei FOURIER oder MONGE ein freies Gedankenspiel, sondern eine streng deduktiv geordnete Denkweise hervortritt. Der Cours d'Analyse behandelt etwa das, was wir heute im Anschluß an CAUCHY „algebraische Analysis" zu nennen pflegen, nämlich das Studium der elementaren Funktionen auch im komplexen Gebiet, einschließlich der Lehre von den unendlichen Reihen. Denselben Gegenstand etwa behandelt auch EULER in seiner Introductio in analysin infinitorum; aber gerade ein Vergleich mit diesem früheren Werk läßt CAUCHYS ganz neuartige, kritische Betrachtungsweise erkennen. Der längst bekannte Gegenstand wird allein auf Grund streng umgrenzter, rein analytischer Begriffe neu aufgebaut. So findet sich auf S. 37ff. (Werke) eine einwandfrei strenge Erklärung des „unendlich Kleinen" durch einen Grenzübergang. Auf den hiermit gewonnenen Begriff des unendlich Kleinen wird auf S. 43 eine Definition der Stetigkeit gegründet: eine Funktion ist stetig, wenn einem unendlich kleinen Zuwachs der Variabeln ein unendlich kleiner Zuwachs der Funktion entspricht.

Von S. 114 an beginnt dann eine ausführliche Lehre von der *Konvergenz der unendlichen Reihen*. Verschiedene strenge Konvergenzkriterien werden gegeben. Auch in diesem Kapitel arbeitet CAUCHY nie mit dem vielverbreiteten unklaren Begriffe über unendliche Summen usw. Er hat es mit endlichen, womöglich numerischen Summen zu tun, die einen Wert in einem Grade annähern, der durch das exakt abgeschätzte Restglied genau gemessen werden kann. Aber nicht nur nach der Seite der strengen Begründung, auch neuschöpferisch behandelt CAUCHY seinen Gegenstand. So findet sich auf S. 240 der Satz, daß eine Potenzreihe im komplexen Gebiet einen Konvergenzkreis besitzt. Anschließend an dies Kapitel bringt CAUCHY S. 274ff. einen *Beweis des Fundamentalsatzes der Algebra*. Die Existenz einer Nullstelle der ganzen rationalen Funktion $f(x + iy) = u + iv$ wird nachgewiesen mit Hilfe der Betrachtung der Funktion $z = u^2 + v^2$ und ihrer Minima.

Wie enorm CAUCHYS Verdienst bei der Darstellung dieser zum größeren Teil bekannten Dinge ist, das läßt sich erst ganz durch den Vergleich mit seinen Vorgängern und Zeitgenossen ermessen. Das Buch unterscheidet sich nach prinzipieller Seite ebensoweit von den bis dahin meist herrschenden unbestimmten anschauungsmäßigen Begründungsversuchen der Infinitesimalrechnung, wie von dem ganz äußerlich formalen Standpunkt LAGRANGES in seiner Théorie des fonctions analytiques und in den Leçons sur le calcul des fonctions[1]), der den Kern der neuen Gedankenwelt zu verhüllen sucht. Es bringt statt dessen in allen kritischen Punkten eine einwandfreie arithmetische Begründung; von diesem Fundamentalwerk aus beginnt die sog. „Arithmetisierung" der gesamten Mathematik.

[1]) Eine Neuauflage ist 1829 erschienen (Werke, sér. 2, IV, S. 263—609).

[1]) Théorie des fonctions: 1. éd. 1797, 2. éd. 1813, Oeuvres t. 9; Leçons . . .: 1801 bzw. 1806, Oeuvres t. 10.

Daß auch dieser große Geist Vorläufer hatte, wie er andererseits Unvollkommenheiten der Nachwelt auszugleichen überließ, wird keinen geschichtlich Denkenden überraschen. Von den Vorgängern (die CAUCHY nicht zitiert) ist vor allem BOLZANO zu nennen, der 1817 den ganz scharfen Begriff der Stetigkeit ebenfalls erfaßte und sogar noch weitergehend zergliederte. Über Reihenkonvergenz finden sich bei GAUSS 1812 eine Anzahl Kriterien, die freilich nicht so tief in den Gegenstand eindringen. Was schließlich den eigenartigen Beweis des Fundamentalsatzes der Algebra betrifft, so war dieser von ARGAND schon 1815 in Gergonnes Annalen gegeben worden. ARGAND ist auch einer der ersten, die mit der geometrischen Deutung der Zahlen $x + iy$ hervorgetreten sind, und zwar in einer besonderen Schrift von 1806[1]).

Schließlich bleibt uns noch übrig, auf das aufmerksam zu machen, was CAUCHY noch mangelte. Es ist ein ihm fehlender wichtiger Begriff, der seine Theorie der unendlichen Reihen nicht zu letzter Vollkommenheit gelangen ließ, der Begriff der gleichmäßigen resp. ungleichmäßigen Konvergenz einer Reihe in einem Intervall. Die Unkenntnis dieses Begriffes läßt CAUCHY auf S. 120 den unrichtigen Satz aussprechen, daß eine konvergente Reihe stetiger Funktionen im Konvergenzintervall notwendig stetig sei, den er, eben unter Umgehung des wichtigen Begriffes der Gleichmäßigkeit, daselbst fälschlich beweist. Die endgültige Klärung dieser Verhältnisse blieb einer späteren Zeit vorbehalten.

Das zweite CAUCHYsche Werk, die *Leçons sur le calcul infinitésimal*, behandelt die Fragen der Grundlegung der Infinitesimalrechnung. Es enthält die strenge, von aller Metaphysik befreite, auf dem Grenzbegriff ruhende Darstellung dieses Gebietes, wie sie seitdem in der Mathematik maßgebend geworden ist. Im Gegensatz zum Cours d'Analyse bewegt sich dieses Werk fast durchweg im reellen Gebiet.

Zum Grundstein des ganzen Gebäudes wird der an sich seit lange, jedenfalls schon LAGRANGE bekannte Mittelwertsatz gemacht (S. 46), den wir in CAUCHYS moderner Ausdrucksweise schreiben

$$\frac{f(x+h)-f(h)}{h} = f'(x+\vartheta h)\,.$$

Die Integralrechnung ihrerseits beginnt S. 122 mit der Definition des bestimmten Integrals, für welches ebenda der arithmetische Existenzbeweis gegeben wird. Erst daran anschließend wird von S. 214 an die Entwicklung von Funktionen in die TAYLORsche Reihe gegeben, die unter ständiger Berücksichtigung des genau abgeschätzten Restgliedes durchaus unter dem Gesichtspunkt der praktischen Annäherung einer vorgegebenen Funktion betrachtet wird. Durch numerische Beispiele wird die praktische Brauchbarkeit der Methode dargelegt. Darüber wird selbstverständlich der Ausbau nach theoretischer Seite nicht vernachlässigt. S. 230 findet sich das berühmte Beispiel einer trotz Konvergenz der TAYLORschen Reihe nicht entwickelbaren Funktion: $f(x) = e^{-\frac{1}{x^2}}$ an der Stelle $x = 0$.

Dem Aufbau würde es sich nun natürlich anschließen, wenn an dieser Stelle der Fundamentalsatz der Infinitesimalrechnung, nämlich daß die Operationen des Differenzierens und Integrierens zueinander invers sind

$$\frac{d}{dx}\int^{x} f(x)\,dx = f(x)$$

ausgesprochen wäre. (In anderer Darstellung wird diese Relation häufig zur Definition des Integrals gemacht.) Der Satz findet sich hier jedoch nicht und ist erst ausführlich ausgesprochen in dem Werk des ABBÉ MOIGNO, das dieser nach CAUCHYS Ideen und auf seine Anregung hin 1840—44 herausgab: *Leçons sur le calcul différentiel et intégral* (d'après CAUCHY). Die Stelle findet sich Band II, S. 4.

Das Gebiet der *Differentialgleichungen* ist von CAUCHY in so mannigfacher Weise und nach so vielen Richtungen hin bearbeitet worden, daß es schlechterdings unmöglich erscheint, alle Resultate zu nennen oder gar über die Fülle der hierher gehörigen Publikationen einen Überblick zu geben. Ich begnüge mich damit, einige wesentliche Punkte hervorzuheben.

Auch auf diesem Gebiet gebührt CAUCHY der Ruhm, als erster den *Existenzbeweis* für die Lösungen irgendwelcher Differentialprobleme geführt zu haben, die sich im nichtsingulären Gebiet irgendwelchen Anfangswerten anpassen. Von den verschiedenen Methoden, die CAUCHY anwendet, nenne ich hier nur die beiden bekanntesten:

1. Das Differentialproblem wird durch ein Differenzenproblem — die gesuchte Funktionskurve durch einen Polygonzug — ersetzt und von dessen Lösung durch Verkleinerung der die Polygonseiten bestimmenden Intervalle zur Grenze übergegangen. Durch den Nachweis der Konvergenz des Verfahrens gegen eine Grenze — eben die Lösung des Differentialproblems —, ist der Existenzbeweis der letzteren geführt. Dies Verfahren entspricht genau der von CAUCHY gegebenen Definition des bestimmten Integrals und dessen numerischer Berechnung. (Für praktische Approximation verbessert in der SIMPSONschen Regel.)

2. Man nimmt an, daß sich die Koeffizienten der Differentialgleichung in konvergente Potenzreihen entwickeln lassen. Dann lassen sich für die gesuchten Integrale Potenzreihen formal ansetzen, deren Konvergenz man durch die Aufstellung von Majoranten beweisen kann. CAUCHY nannte dies Beweisverfahren „méthode des limites" und erstreckte den Ansatz und seine Durchführung auch auf komplexes Gebiet.

Auch diese Gedanken CAUCHYS verdanken ihre Entstehung schon den zwanziger Jahren. Wir finden in ihnen Schritt für Schritt die Anfänge der arith-

[1]) Zuerst findet sie sich bei CASPAR WESSEL 1798 (reproduziert Arch. for Math. ok Nat. 18. 1896).

metisierten modernen Analysis. Um so wunderbarer muß es uns erscheinen, daß gerade diese Arbeiten aus der Lehrtätigkeit an der polytechnischen Schule hervorgegangen sind, ein Beweis dafür, welch ungewöhnlich hohe Anforderungen nach rein mathematischer Seite der auf das Praktische gerichteten Ausbildung zugrunde gelegt wurden.

Weniger im Zusammenhang mit seiner pädagogischen Tätigkeit steht die zweite große Leistung CAUCHYS, die sich an Bedeutung neben die der kritischen Begründung der Analysis stellen darf: *die Grundlegung einer allgemeinen Theorie der Funktionen komplexen Argumentes.*

Wie im Gebiet der Differentialgleichungen, ist es mir auch hier unmöglich, eine erschöpfende Darstellung des von CAUCHY Geschaffenen zu geben. Ich hebe nur zwei grundlegend wichtige Probleme heraus, um die sich alles übrige gruppiert:

1. *Die Integration im komplexen Gebiet über geschlossene Kurven.* CAUCHYS berühmter Satz über das Kurvenintegral eindeutiger komplexer Funktionen

$$\int_C f(z)\,dz = 2\pi i \sum k,$$

wo k die Residua der von der Kurve C umschlossenen einzelnen Unstetigkeitsstellen bedeutet (höhere Singularitäten, wie etwa wesentlich singuläre Punkte oder Häufungsstellen von Polen usw., kannte CAUCHY noch nicht), wurde ganz allmählich, tastend gefunden. CAUCHY, der keineswegs die bewußte Absicht hatte, eine allgemeine Theorie der komplexen Funktionen zu begründen, begann mit der Integration über die Seiten eines Rechteckes, wobei er die beiden verschiedenen Verbindungswege zwischen zwei einander diagonal gegenüberliegenden Ecken wählte. Diesen Untersuchungen schließt sich die Integration über eine beliebige, die betreffenden Punkte verbindende krumme Linie an, die schwieriger war, weil sie die Definition des allgemeinen Kurvenintegrals voraussetzte. Im Besitz des fertigen, abgeklärten Satzes war CAUCHY erst 1840, doch datiert man seine diesbezüglichen Arbeiten gern von einer kleinen Abhandlung an, die 1825 für sich erschien[1]): *„Mémoire sur les intégrales définies prises entre des limites imaginaires."* Deutsch liegt sie in der von STÄCKEL besorgten Ausgabe, in OSTWALDS Klassikern (Nr. 112) vor. Der Inhalt dieser Abhandlung berührt sich vielfach mit GAUSS' drittem Beweis des Fundamentalsatzes der Algebra. Auch hier wird von Doppelintegralen, genommen über die von der Kurve umschlossene Fläche, ausgegangen. Daß übrigens die von VALSON aufgestellte Behauptung, niemand sei vor dieser Arbeit CAUCHYS im Besitz der Idee des umschließenden Kurvenintegrals gewesen, unrichtig ist, wird schon durch die früher mitgeteilte Tatsache widerlegt, daß GAUSS bereits 1811 den Charakter des Integrals $\int \frac{dz}{z}$ genau kannte. Sogar bis zu dem auf beliebige Integranden bezüglichen allgemeinen Satz, den wir CAUCHY verdanken, scheint er schon vorgedrungen zu sein[1]). Wie sehr aber CAUCHY die Tragweite dieses Satzes erkannte, zeigen die vielen schönen und wichtigen Anwendungen, die er sogleich davon machte.

2. *Die Entwicklung einer beliebigen Funktion komplexen Argumentes in eine Potenzreihe,* deren Konvergenzkreisradius durch die Entfernung des nächstliegenden singulären Punktes gegeben ist.

Der Satz erschien 1831 in den Turiner Memoiren, als CAUCHY bereits in der Verbannung lebte. 1837 teilte er ihn in einem in den Comptes Rendus veröffentlichten Brief an CORIOLIS mit, als er seine Rückkehr nach Paris vorbereitete, die 1838 erfolgte. Auch bei diesem Problem arbeitet CAUCHY stets mit den als Annäherungsformeln aufgefaßten endlichen Summen, deren Restglied er genau abschätzt.

Obwohl CAUCHY nach seiner Rückkehr keine öffentliche Unterrichtstätigkeit ausübte, war er doch durch seine Schriften, die nun allmählich zu wirken begannen, von großem Einfluß auf die Weiterentwicklung der Wissenschaft. So erfährt sein Satz bald durch zwei jüngere Mathematiker eine wesentliche Erweiterung:

1843 (Comptes Rendus Bd. 17, S. 938) gelingt LAURENT die Entwicklung einer im Bereiche eindeutigen Funktion $f(x+iy)$ innerhalb eines Kreisringes, dessen Umgrenzungen durch die nächstgelegenen singulären Punkte gehen, nach positiven und negativen Potenzen von $x+iy$.

1850 (J. math. pures appl. [LIOUVILLE] Bd. 15, S. 365) setzt PUISEUX die Reihenentwicklung in einem „Verzweigungspunkte" an und zeigt, daß sie nach gebrochenen Potenzen von $x+iy$ fortschreitet.

Mit diesen Ergänzungen, die ich der Vollständigkeit halber gebe, greife ich bereits weit hinaus über den Zeitraum, von dessen Bedeutung in der Entwicklungsgeschichte der polytechnischen Schule nach mathematischer Hinsicht hier berichtet werden sollte und der 1830 seinen Abschluß findet. Es erscheint natürlich, dieses Jahr als Grenze anzusehen; denn um diese Zeit beginnt mit dem Weggang CAUCHYS von Paris eine nicht zu verkennende Erschlaffung der französischen Produktivität, während gleichzeitig sich die Deutschen allmählich zur führenden Nation entwickeln.

Für die merkwürdige Erscheinung des Absterbens des bis zu dieser Zeit so überaus blühenden Lebens unserer Wissenschaft in Frankreich sind mannigfache Gründe angeführt worden. Man hat die von POISSON und anderen Schülern von LAPLACE vertretene Tendenz, nur noch die angewandte Mathematik zu pflegen und gelten zu lassen, dafür verantwortlich gemacht. Es will mir aber scheinen, daß man hier Ursache und Wirkung verwechselt hat; denn ich bin der Meinung, daß eine solche

[1]) Neuerlich abgedruckt: Bull. Soc. math. France **7**, 265. 1874; **8**, 43, 185. 1875.

[1]) Vgl. den Brief an BESSEL, GAUSS' Werke **10**, 1, 365ff.

einseitige Entwicklung, die das richtige Gleichgewicht zwischen Theorie und Anwendung nicht mehr zu halten weiß, bereits die Folge und das äußere Anzeichen eines tiefergehenden Übels ist. Auch die Ansicht, der Niedergang habe seine Ursache in der traurigen Aussiebung des jungen Nachwuchses durch die fortgesetzten großen Kriege, kann sich nicht halten angesichts des Emporblühens des mindestens ebenso hart mitgenommenen Deutschland.

Der Grund, dem ich diese eigentümliche Erscheinung zuschreiben möchte, scheint mir vielmehr in einem allgemeinen psychologischen Gesetz zu liegen, das für die einzelnen wie für die Völker sich geltend macht: daß auf Perioden des Aufschwunges erbarmungslos Perioden der Ruhe und Unproduktivität folgen. Und wie im Leben der einzelnen ein junger kräftiger Ersatz meist vorhanden zu sein pflegt, wenn man ihm nur Raum gibt, um heranzuwachsen und sich zu entfalten, so schieben sich auch im Völkerleben andere Nationen an die Stelle der ermüdeten, deren Errungenschaften sie der eignen, neue Früchte bringenden Arbeit zugrunde legen.

Natürlich können und sollen zeitliche Einteilungen der Geschichte nur dazu dienen, die großen Linien der Entwicklung klar hervorzuheben; sie dürfen nicht mechanisch in allzu wörtlichem Sinne aufgefaßt werden. So scheint eine überraschende Erscheinung das eben Gesagte Lügen zu strafen, die gerade um 1830 herum in Frankreich als ein neuer Stern von ungeahntem Glanze am Himmel der reinen Mathematik aufleuchtet, um freilich, einem Meteor gleich, sehr bald zu verlöschen: Évariste Galois.

Galois wurde im Oktober 1811 bei Paris geboren. Bereits als Schüler des Lycée begann er 1828 zu publizieren. Er beabsichtigte, in die École Polytechnique einzutreten, fiel jedoch 1829 zweimal in der Aufnahmeprüfung durch. Als Erklärung gibt er selbst an, die an ihn gestellten Fragen seien zu kindische gewesen, als daß es ihm möglich gewesen wäre, sie zu beantworten. Schließlich wurde er 1829 auf der École Normale aufgenommen; schon 1830 aber wird er wieder entlassen wegen ungebührlichen Betragens. Besonders sein „unerträglicher Hochmut" wird gerügt. Galois stürzte sich nun in die politische Agitation, geriet infolgedessen in Konflikt mit der Regierung und schließlich ins Gefängnis, in dem er monatelang festgehalten wurde. Im Mai 1832 fand dies vielbewegte Leben bereits ein Ende; Galois fiel in einem Duell, zu dem ihn eine Liebesgeschichte getrieben hatte.

Eine ausführliche Biographie von Galois hat Dupuis gegeben in den Annales de l'École Normale Supérieure 1896. Seine Werke wurden zum erstenmal von Liouville 1846 einem weiteren Kreise zugänglich gemacht[1]). Sie umfassen in der Sonderausgabe (1897) 60 Seiten Oktav! Der Ausgabe ist ein Porträt des jugendlichen Autors beigegeben, dessen knabenhaft kecker, fast mutwilliger Ausdruck den seltsamsten Gegensatz bildet zu dem wunderbar tiefgehenden, dabei völlig klaren, reif durchgebildeten Text des Werkes. Dieser Gegensatz veranschaulicht den inneren Widerspruch, an dem Galois zugrunde gegangen ist. Eine unerhörte Frühreife, verbunden mit einem nicht zu bändigenden Temperament, das sich keiner Ordnung, keiner Regel fügen wollte, eine Leidenschaftlichkeit des Wesens, die sich selbst verzehrte, lassen ihn als den typischen Vertreter des ungeordneten, echt französischen Genies erscheinen.

[1]) Journ. math. pures appl. 11, 381ff. — Deutsch in den von Maser herausgegebenen „Abhandlungen über die algebraische Auflösung der Gleichungen von N. H. Abel und É. Galois". Berlin 1889. Ferner: Jules Tannery, Manuscrits de Évariste Galois. Paris 1889 (Extrait du Bull. d. sciences Math., 2. sér., t. 30 et 31. 1906. 1907).

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die ***Zuschriften*** auf einen Umfang von ***höchstens*** einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über den auf die Teilchen in den Kometenschweifen ausgeübten Strahlungsdruck.

Bekanntlich kann das beobachtete geometrische Verhalten der Schweife, die bei Annäherung der Kometen an die Sonne von diesen ausgehen, durch die Annahme erklärt werden, daß sie aus schnell bewegten Teilchen bestehen, auf die eine von der Sonne fort gerichtete Abstoßungskraft umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung von der Sonne wirkt (Bredichinsche Repulsivkraft). Das von der Entfernung von der Sonne unabhängige Verhältnis μ dieser Abstoßungskraft zu der nach der Sonne hin gerichteten Gravitationskraft ist für die verschiedenen Arten von Schweifteilchen charakteristisch und variiert, wie die älteren Untersuchungen von Bredichin und die neueren, photographischen Beobachtungen von Kopff[1]) und anderen ergeben haben, ungefähr zwischen 1 und 2000.

Während über die Natur der Repulsivkraft heute nach dem Vorgang von Arrhenius wohl allgemein angenommen wird, daß sie mit dem Lichtdruck identisch ist, scheinen die Meinungen über die Größe der Teilchen in den Schweifen, von der die Größe des auf sie ausgeübten Lichtdruckes wesentlich abhängt, geteilt zu sein. Wir wollen hier versuchen zu zeigen, daß die Annahme, die in den Kometenschweifen leuchtenden Teilchen seien *einzelne Moleküle*, auch mit den neueren Beobachtungsdaten über die Werte des Verhältnisses μ von Lichtdruck und Schwerkraft vereinbar ist. Die Größe des Lichtdruckes auf Einzelmoleküle ist bereits

[1]) A. Kopff, Publ. der Heidelberger Sternwarte 3, Nr. 2 u. 5; Astr. Nachr. Nr. 4348.

von DEBYE[1]) diskutiert worden. Er hat auch betont, daß der Lichtdruck auf die selektiv absorbierenden (und reemittierenden) Einzelmoleküle, verhältnismäßig viel größer ist als auf dielektrische Kugeln, die früher von SCHWARZSCHILD herangezogen worden waren.

Des Zusammenhanges halber möge zunächst kurz angegeben werden, wie die Größe des Lichtdruckes auf ein im Kometenschweif befindliches (evtl. ionisiertes) Einzelmolekül annähernd berechnet werden kann. Zu diesem Zweck möge das Molekül ersetzt werden durch ein isotrop und quasielastisch gebundenes Elektron der Ladung e_0 und der Masse m_0, dessen Eigenfrequenz ν $\left(\text{Wellenlänge } \lambda = \frac{c}{\nu}\right)$ mit der Resonanzfrequenz des Moleküls übereinstimmt.

Daß wir die übrigen Absorptionsfrequenzen des Moleküls außer Betracht lassen und die sog. „Stärke" des betreffenden Oszillators gleich 1 setzen, ist erstens darin begründet, daß ihr Absorptionskoeffizient erfahrungsgemäß geringer ist als der der Resonanzfrequenz, und daß zweitens, da die übrigen Absorptionslinien des Moleküls kurzwelliger als die Resonanzlinie sind, die spektrale Intensität der auffallenden Sonnenstrahlung bei den ersteren im allgemeinen wesentlich geringer sein wird. Wegen der geringen Dichte der Materie in den Schweifen kann ferner von einer gegenseitigen Beeinflussung der Ein- und Ausstrahlung der verschiedenen Moleküle abgesehen werden.

Ist nun ϱ_ν die spektrale Energiedichte der auffallenden Sonnenstrahlung an der Resonanzstelle ν des Moleküls, so ist bei der genannten Idealisierung desselben durch einen isotropen, harmonischen Oszillator die pro Zeiteinheit zerstreute Energie Z gegeben durch

$$Z = \frac{\pi e_0^2}{m_0} \varrho_\nu ,$$

ferner der Lichtdruck in Dyn gleich Z/c, also das Verhältnis μ von Lichtdruck und Gravitation gleich

$$\mu = \frac{Z/c}{mG} = \frac{\pi e_0^2}{m_0 mc} \frac{\varrho_\nu}{G} , \qquad (1)$$

wenn m die Masse des Moleküls und G die Schwerebeschleunigung bedeutet. Der Quotient $\frac{\varrho_\nu}{G}$ ist unabhängig von der Entfernung r des Kometen von der Sonne, da sowohl ϱ_ν als auch G proportional zu $\frac{1}{r^2}$ sind. Es genügt also, dessen Wert speziell für die Sonnenoberfläche zu berechnen. Hier kann nun ϱ_ν hinreichend genau gleich der Energiedichte eines schwarzen Körpers der Temperatur $T = 6000°$ abs und G gleich dem 27,9fachen der Schwerebeschleunigung auf der Erdoberfläche, d. h. $G = 27{,}34 \cdot 10^3$ cm sec^{-2} gesetzt werden. Im Gebiet des WIENschen Strahlungsgesetzes, auf das sich die folgenden numerischen Anwendungen beziehen, können wir demnach setzen

$$\varrho_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} e^{-\frac{h\nu}{kT}} ,$$

(e = Basis der natürlichen Logarithmen) oder mit $\nu = \frac{c}{\lambda}$, $\frac{ch}{k} = c_2 = 1{,}430$ cm Grad:

$$\mu = \frac{8\pi^2 e_0^2 h}{m_0 mcG} \frac{1}{\lambda^3} e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} . \qquad (2)$$

[1]) P. DEBYE, Ann. d. Phys. **30**, 57. 1909, insbesondere § 9.

Setzt man für e, m_0, c, G, c_2, die numerischen Werte ein, ferner an Stelle von m den Wert $M\, m_{\mathrm{H}}$ (M = Molekulargewicht, m_{H} = Masse des Wasserstoffatoms), so erhält man schließlich

$$\mu = \frac{1}{M} 0{,}969 \cdot 10^{-7} \frac{1}{\lambda^3} e^{-\frac{1{,}430}{\lambda T}} , \qquad (3)$$

worin $T = 6000°$ zu setzen und die Wellenlänge λ der Resonanzlinie in Zentimetern auszudrücken ist. Die resultierenden Werte für μM sind z. B. für die Resonanzlinie $\lambda = 1215{,}7$ Å (1 Å $= 10^{-8}$ cm) des Wasserstoffatoms (erstes Glied der Lymanserie) $\mu M = 0{,}166$, für $\lambda = 2000$ Å, $\mu M = 81{,}44$ und für $\lambda = 3000$ Å, $\mu M = 1200$). Es sei noch erwähnt, daß für Na-Atome, deren D-Linie in den Kometenspektren vielfach beobachtet wurde (das ist $M = 23$, $\lambda = 5900$ Å) aus Formel (3) der Wert $\mu = 473{,}6$ folgt.

Man sieht hieraus, daß die Werte von μ, die sich aus der theoretischen Abschätzung ergeben, sehr stark davon abhängen, auf welche Stelle des Sonnenspektrums die Absorptionswellenlänge des Moleküls fällt und daß sie in der Nähe des spektralen Intensitätsmaximums der Sonnenstrahlung relativ hohe Beträge annehmen können.

Für eine nähere Prüfung der Annahme des Vorhandenseins von Einzelmolekülen in den Kometenschweifen ist es von Bedeutung, die Werte von μ für spezielle, durch ihr bestimmtes Emissionsspektrum charakterisierte Molekülarten gesondert zu kennen. Nun sind die für die Schweifspektren charakteristischen FOWLER-Banden und die sogenannte negative Stickstoffbande von BIRGE[1]) als CO^+ bzw. $N_2{}^+$-Banden gedeutet und in Terme geordnet worden. Sie entsprechen Elektronensprüngen von einem angeregten Zustand nach dem Normalzustand des betreffenden Molekülions und die zugehörige Anregungsenergie beträgt bei beiden Banden etwa 3 Volt, was $\lambda = 4110$ Å äquivalent ist. Berücksichtigt man noch, daß das Molekulargewicht in beiden Fällen 28 beträgt, so ergibt sich aus Formel (3) in diesem Fall $\mu = 151$.

Da die FOWLERschen CO^+-Banden sowie die $N_2{}^+$-Bande zwischen λ 5000 und λ 3600 liegen, kommen für den Vergleich mit den empirischen Daten nur die aus photographischen Aufnahmen hergeleiteten μ-Werte in Frage. Es ist überdies geboten, nur solche μ-Werte zum Vergleich heranzuziehen, für die nach Ausweis gleichzeitiger Spektrogramme des Schweifes die oben erwähnten Banden verantwortlich sind. Diesen Bedingungen genügen die folgenden bisher bekannten Fälle:

a) Komet 1908 c (Morehouse)

$\mu = 94$ (KOPFF, Astronom. Nachr. 4348),
$\mu = 72$, $\mu = 162$ (ORLOW, Astronom. Jahresber. **12**, 347),
$\mu = 105$ (PROKROWSKY, Astronom. Nachr. 4393);

b) Komet 1909 c (Halley)

$\mu = 195$ (ORLOW, Astronom. Jahresber. **13**, 284).

Wie weit den Differenzen der beobachteten Werte reelle Bedeutung zukommt, ist schwer zu beurteilen,

[1]) Vgl. die zusammenfassende Arbeit von R. T. BIRGE und H. SPONER, Phys. Rev. **28**, 259. 1926. Daselbst auch weitere Literatur. Die Möglichkeit einer persönlichen Fühlungnahme des einen von uns mit Herrn BIRGE, dem wir auch an dieser Stelle für sein Interesse unseren herzlichsten Dank aussprechen wollen, hat zur Klärung der im Text erörterten Fragen wesentlich beigetragen.

da es sich um schwierige Messungen handelt und die μ-Werte im allgemeinen unter vereinfachenden, rechnerischen Annahmen abgeleitet werden müssen. Man kann daher vorläufig nur sagen, daß die beobachteten und die berechneten μ-Werte der Größenordnung nach übereinstimmen. Um so erwünschter ist es, die Untersuchungen der Bewegungen in den Kometenschweifen fortzusetzen und die photographischen Aufnahmen durch gleichzeitige Platten des Schweifspektrums zu ergänzen, damit Klarheit über den physikalischen Charakter der Schweifpartikeln besteht. Der Umstand, daß in vielen Fällen das photographische Bild des Schweifes fast ausschließlich durch die CO^+ und N_2^+-Banden bedingt und bei gleichem Molekulargewicht auch die Anregungsenergie für beide Bandensysteme nahe die gleiche ist, sollte theoretisch einfache Verhältnisse erwarten lassen.

W. Baade, zur Zeit Mount Wilson Observatory,
W. Pauli jr., Hamburg.

Über reversible Hemmung von Gärungsvorgängen durch Stickoxyd.

Schwermetallverbindungen sind imstande, sich mit Stickoxyd bei niedriger Temperatur zu reversiblen (dissoziierenden) Verbindungen zu vereinigen. Beispiele sind das braune Stickoxyd-Ferrosulfat, das in der Analyse zum Nachweis der Salpetersäure dient, oder das Stickoxyd-Methämoglobin, das von Hüfner, Manchot und vielen physiologischen Chemikern untersucht worden ist.

Wegen der Affinität des Stickoxyds zu Schwermetall habe ich mich mit der Frage beschäftigt, wie sich die Gärungsfermente zu Stickoxyd verhalten, und habe gefunden, daß man die alkoholische und die milchsaure Gärung durch Stickoxyd reversibel hemmen kann.

Zu den Versuchen über alkoholische Gärung diente eine Brennereihefe (Rasse XII des Berliner Instituts für Gärungsgewerbe), die in durchlüfteter Bierwürze gezüchtet wurde. 24stündige Kulturen wurden in Glucose-Phosphat-Lösungen suspendiert ($^m/_{20}$-KH_2PO_4, $^m/_{16}$-Glucose). Das Hefegewicht pro 100 ccm Lösung betrug 0,12 g Trockensubstanz. Die Gärung wurde bei 10° manometrisch in Gemischen von Wasserstoff und Stickoxyd gemessen. Vor Zugabe des Stickoxyds war der Sauerstoff aus den Lösungen und Gasräumen durch Wasserstoff verdrängt worden. Nach etwa $^1/_2$ stündiger Einwirkung des Stickoxydes wurde 1 Stunde lang bei 37° mit Wasserstoff geschüttelt und dann die Gärung wieder bei 10° gemessen. Folgende Zahlen wurden (für 2 ccm der Hefesuspension) erhalten:

	In 100% Wasserstoff	In 5% Stickoxyd 95% Wasserstoff
	cmm Gärungskohlensäure	cmm Gärungskohlensäure
10′	21,7	8,0
10′	21,7	4,0
10′	21,7	4,0
	↓	Nach Entfernung des Stickoxyds
	in 100% Wasserstoff	in 100% Wasserstoff
10′	21,0	22,2
10′	20,2	21,5
10′	21,8	23,0

Die Konzentration an Stickoxyd in der Suspensionsflüssigkeit bei dieser Versuchsanordnung betrug $1{,}2 \times 10^{-4}$ Mole/Liter. Etwa 10^{-4} molar-Stickoxyd hemmte also die Hefegärung um rund 80% und diese Hemmung verschwand, wenn das Stickoxyd durch Wasserstoff ausgetrieben wurde. Es sei bemerkt, daß auch die Gärung in Hefesaft, der nach Lebedew dargestellt ist, durch Stickoxyd gehemmt wird.

Zu den Versuchen über die milchsaure Gärung dienten Schnitte Jensenscher Rattensarkome, die in glucosehaltiger Ringerlösung suspendiert waren. Die Gärung wurde bei 38° manometrisch gemessen, zuerst in Stickstoff, dann in Stickoxyd, dann wieder in Stickstoff, in allen Fällen bei Gegenwart von 5 Vol.% Kohlensäure. Folgende Zahlen wurden erhalten (Schnittgewicht 3,9 mg Trockensubstanz):

	Milligramme Milchsäure
	in 5% CO_2 95% N_2
10′	$5{,}7 \times 10^{-3}$
	in 5% CO_2 95% NO
10′	$1{,}4 \times 10^{-3}$
	in 5% CO_2 95% N_2
10′	$5{,}0 \times 10^{-3}$
10′	$5{,}5 \times 10^{-3}$

Die Konzentration an Stickoxyd in der Ringerlösung bei diesem Versuch betrug $1{,}4 \times 10^{-3}$ Mole/Liter. Etwa 10^{-3} molar-Stickoxyd hemmte also die Gärung des Tumors um rund 75% und diese Hemmung war, 30 Minuten nach Austreibung des Stickoxyds fast vollständig verschwunden.

Berlin-Dahlem, den 13. Dezember 1926.

Otto Warburg.

Besprechungen.

WALSH, JOHN W. T., **Photometry.** London: Constable & Co. Ltd. 1926. XXVII, 505 S. und 303 Abbild. 16 × 25 cm. Preis 40 sh.

Man wird dem Verf. zustimmen, wenn er im Beginn der Vorrede bemerkt, daß die vor seinem erschienenen Bücher über Photometrie bei der schnellen Entwicklung, die diese Wissenschaft in den letzten fünfzehn Jahren erfahren hat, in vielen Teilen als veraltet gelten müssen, während die neueren Bücher, die den Gegenstand behandeln, in erster Linie der Beleuchtungstechnik gewidmet sind, so daß naturgemäß die Darstellung der Photometrie in ihnen nur wenig ausführlich ist, und man wird schon darum das Erscheinen des Walshschen Buches, ganz abgesehen von seinen besonderen Vorzügen, warm begrüßen.

Ein hervorragendes Interesse gewinnt das Buch dadurch, daß der Verf. der photometrischen Abteilung des englischen National Physical Laboratory seit langer Zeit angehört und man so Gelegenheit hat, die Arbeitsmethoden und Apparate dieses bedeutenden Instituts genauer kennenzulernen. Dem entwickelten Programm entsprechend gibt das Buch eine Darstellung des gegenwärtigen Standes der Photometrie. Veraltete Apparate sind im allgemeinen nicht berücksichtigt oder nur kurz erwähnt.

Der Stoff wird in 16 Kapiteln behandelt, von denen die ersten 3 der Vorbereitung dienen. Kap. I bringt historische Mitteilungen, während Kap. II (Strahlung) und III (Auge und Sehen) die erforderlichen physikalischen und physiologischen Vorkenntnisse vermitteln. Von der Messung der photometrischen Größen, zunächst bei Gleichfarbigkeit, handeln 6 weitere Kapitel. Kap. IV enthält die photometrischen Grundlagen, in Kap. V werden die bekanntesten Einheitslichtquellen

besprochen sowie die Glühlampennormale (Kohlenfaden-Hauptnormale und Wolframdraht-Subnormale), wie sie zur Aufrechterhaltung der englischen Lichteinheit dienen. Es sei hier die Angabe richtiggestellt, daß in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Kontrolle der Hefnerlampe die Platineinheit von LUMMER und KURLBAUM benutzt wird. Tatsächlich ist letztere in der Reichsanstalt nicht im Gebrauch.

In dem Kap. VI, Messung der Lichtstärke in bestimmter Richtung, ist bemerkenswert die eingehende Beschreibung der Einrichtungen des National Physical Laboratory für diese Messungen und der Eichung von Glühlampen nach der Substitutionsmethode. Weiter handelt Kap. VII von der Messung der Lichtverteilung und des Lichtstroms, XII von Beleuchtungsmessungen, XIII von der Messung der Flächenhelle sowie der Reflexion und Absorption.

Der Vergleichung verschiedenfarbiger Lichtquellen sind 2 Kapitel gewidmet. Das eine (VIII) enthält die eigentliche heterochrome Photometrie, wobei unter den direkten Verfahren hauptsächlich die Stufen- oder Kaskadenmethode und die Flimmerphotometrie berücksichtigt werden, und das andere (XI) die objektive oder physikalische Photometrie.

Weitere Kapitel behandeln dann die Spektralphotometrie (IX), die Kolorimetrie (X), die Photometrie von Scheinwerfern (XIV), ein Gebiet, das im letzten Jahrzehnt durch die Ausbreitung der Automobile und die militärische Verwendung der Scheinwerfer sehr an Bedeutung zugenommen hat, und die Sternphotometrie (XV). Das Schlußkapitel (XVI) enthält nützliche Angaben über die Anlage und Ausrüstung eines photometrischen Laboratoriums, und 10 Appendices bringen verschiedene für den praktischen Photometriker wertvolle Zusammenstellungen, Tabellen u. dgl.

Die Anordnung des Stoffes ist, wie man vielleicht schon aus dieser Zusammenfassung erkennt, im ganzen übersichtlich. Im einzelnen hätte freilich die Gruppierung und Gliederung zum Teil gründlicher sein können. So werden in dem Kapitel über heterochrome Photometrie am Anfang und am Ende direkte Methoden beschrieben (unmittelbare Helligkeitsvergleichung und Flimmermethode) und dazwischen die indirekten Verfahren, die ein direktes voraussetzen und mehr der Erleichterung der heterochromen Messungen dienen oder Näherungsverfahren sind, nämlich die Filtermethoden und die Methoden von CROVA und von MACÉ DE LÉPINAY (warum LÉPINAY und NICATI?). Die Bezeichnung des Rotations-Dispersions-Photometers von PRIEST als Leukoskop-Photometer scheint mir verfehlt, da es das Wesentliche des Leukoskops nicht enthält. Darum ist auch die Überschrift: „Das Leukoskop" (das nicht beschrieben wird) irreführend. Im 6. Kapitel werden (um nur das noch zu erwähnen) unter der Überschrift „Andere Methoden zur Veränderung der Photometer-Beleuchtung" zunächst zutreffend das veränderliche Diaphragma und die Negativ-Linse in ihrer Wirkung beschrieben; dann aber wird am Schluß die PULFRICHsche (stereoskopische) Methode mit einigen Worten erwähnt, also eine Methode, die gar nicht der Lichtschwächung, sondern der Einstellung auf Helligkeitsgleichheit dient, und zwar hauptsächlich für verschiedenfarbige Lichter. Sie gehört also gar nicht in dies Kapitel, geschweige denn in diesen Paragraphen.

Im allgemeinen ist die Darstellung klar und nicht breit. Theoretische Ausführungen sind keineswegs vernachlässigt, wenn auch das Hauptgewicht auf photometrische Praxis gelegt wird. In der Kritik und Bewertung der beschriebenen Methoden und Apparate wird man dem Verf. meist beipflichten können, freilich nicht immer, so z. B. nicht in seiner geringen Einschätzung der tragbaren Photometer und in dem Rat, statt der letzteren lieber Beleuchtungsmesser zu benutzen. Die Auswahl des behandelten umfangreichen Stoffes zeigt eine bedeutende Beherrschung der Literatur. Und damit kommen wir zu dem Teil des Buches, der dieses besonders auszeichnet und ihm einen bleibenden Wert auch für eine Zukunft sichert, in der sein Text veraltet sein wird, das sind die umfangreichen Literaturnachweise, die jedem Kapitel beigefügt sind. Von ihrem Umfang und damit von dem Fleiß und der Mühe, die sie erfordert haben mögen, kann man sich ein Bild machen, wenn man in Betracht zieht, daß sie bei dem üblichen kleinen Druck, in dem solche Nachweise hergestellt werden, über 80 Seiten des etwa 500 Seiten umfassenden Buches füllen. Dabei sind die Literaturangaben, wenn man nach zahlreichen Stichproben urteilen darf, von einer außerordentlich großen Zuverlässigkeit. Angeführt sind nicht nur die Originalarbeiten, sondern auch Referate, soweit sie sich nicht in den nur referierenden Zeitschriften (wie Physikalische Berichte) befinden.

Es seien noch zwei Besonderheiten des Buches erwähnt. Eine ist die bevorzugte Benutzung der Wellenzahl ν anstatt der Wellenlänge λ. Das ist ja auf diesem Gebiete bisher nicht üblich und darum nicht gerade bequem, wenn auch meist die Wellenlängenangaben und Wellenlängenskalen (bei Kurven) beigefügt sind. Die zweite Besonderheit, die sicher für manchen eine große Annehmlichkeit bedeutet, besteht darin, daß in dem übrigens sehr ausführlichen Register für die wichtigsten Stichworte die deutsche und französische Übersetzung beigefügt ist. Die deutschen Übersetzungen sind mit wenigen Ausnahmen (z. B. black body mit Hohlraum statt Hohlraumstrahler, test surface for illumination photometers mit Scheibe statt Auffangschirm, personal error mit Beobachtungsfehler statt etwa Auffassungsfehler) zutreffend.

Schließlich sei hervorgehoben, daß die Abbildungen, die reichlich vorhanden sind und soweit sie sich auf Apparate beziehen, meist in Schnitten und schematischen Darstellungen bestehen, von großer Übersichtlichkeit und Deutlichkeit sind.

E. BRODHUN, Berlin.

THORODDSEN, TH., **Die Geschichte der Isländischen Vulkane.** (Abhandl. d. Dänischen Akademie d. Wissenschaften, naturw.-mathemat. Abtlg., 8. Reihe, Bd. IX.) Kopenhagen 1925. 458 S., 5 Tafeln und 47 Figuren. Preis 25 Kronen 15 Öre.

Das Manuskript zu diesem großen Werk des bekannten, im Jahre 1921 verstorbenen isländischen Gelehrten dürfte nach den Angaben des Vorworts schon etwa um das Jahr 1912 abgeschlossen gewesen sein; seine Drucklegung verzögerte sich dann aber leider infolge der durch den Krieg entstandenen Schwierigkeiten bis zum vergangenen Jahr. Im Hinblick auf die Bedeutung der ganzen Arbeit muß man ihre nunmehr erfolgte Herausgabe als posthume Schrift mit besonderem Dank begrüßen.

In einem ersten, 259 Seiten umfassenden Teil werden die Vulkanausbrüche behandelt, im zweiten Teil (116 S.) die warmen Quellen beschrieben und ihre physisch-geologischen Verhältnisse und geographische Verbreitung erörtert, und in einem dritten Teil (79 S.) wird eine Chronik der isländischen Erdbeben aus der Zeit von 1013 bis 1908 gegeben unter besonderer Berücksichtigung der bedeutenden Beben von 1896. Der Inhalt des Werkes ist also noch umfassender als der Titel vermuten läßt. —

Bezüglich der *Vulkanausbrüche* ist fast alles gesam-

melt worden, was über ihre Geschichte in den Bibliotheken von Reykjavik und Kopenhagen gedruckt oder handschriftlich zu finden war; nur betreffs einiger schon häufiger behandelter Ausbrüche der letzten Jahrhunderte hat sich Verf. unter gleichzeitigem Hinweis auf die Originalberichte auf Wiedergabe des Wesentlichsten beschränkt. Besonders auch die neueren Arbeiten deutscher Forscher wie H. RECK, K. SAPPER und H. SPETHMANN finden hierbei eingehender Berücksichtigung.

So sind die Ausbrüche der Lakispalte 1783, der Eldgjá, des Vatnajökull, des Öraefajökull, der Katla, des Eyjafjallajökull, der Hekla, der Askja, der Sveinagjá und am Mývatn, sowie die Ausbrüche auf Reykjanes und die unterseeischen Ausbrüche bei Eldeyjar ausführlich besprochen. Aus einer diesem ersten Teil angefügten chronologischen Übersicht geht hervor, daß man seit etwa dem 10. Jahrhundert über 138 Ausbrüche nähere zeitliche und örtliche Angaben machen kann. Auf die beiden letzten Jahrhunderte, aus denen wohl ziemlich vollständige Beobachtungen vorliegen dürften, entfallen je 36. Von den mit ihrem Beginn dem Monat nach bekannten Eruptionen ereigneten sich 32 im Winterhalbjahr und 41 im Sommer. Irgendeine bestimmte Gesetzmäßigkeit läßt sich aus der jahreszeitlichen Verteilung nicht ableiten.

Die große Mehrzahl der isländischen Vulkane erweist sich an tiefe, tektonische Spalten gebunden, und manche von ihnen dürften auf diese Weise auch untereinander in Verbindung stehen. Aber auch von den kuppelförmigen Lavavulkanen oder den Schildvulkanen möchte Verf. annehmen, daß sie wenigstens an Bruchzonen und Senkungsgebiete gebunden sind. Soweit eigentliche Explosionskrater vorkommen, scheint ihre Bildung ganz auf die oberflächlichen Schichten beschränkt zu sein. Die tektonische Struktur mit ihren zahlreichen Verwerfungen und Bruchlinien ist im Süden wesentlich südwestlich-nordöstlich und im Norden südnördlich orientiert; der größte Vulkan Islands, die Askja, liegt im Kreuzungspunkt beider Systeme.

Warme Quellen sind über die ganze Insel verbreitet. An alkalischen, kieselsinterabsondernden Quellen konnte Verf. an 162 Orten wenigstens 677 feststellen. Gruppen von Schwefelquellen und Fumarolen sind von 26 Orten bekannt; die Anzahl ihrer einzelnen Öffnungen dürfte indessen viele Tausende betragen. Während aber die alkalischen Quellen mit ungefähr gleichem Anteil in der tertiären Basaltregion und im jungvulkanischen Gebiet vertreten sind, bleiben die Schwefelquellen und Fumarolen ganz auf die letztere Zone beschränkt. Im Gegensatz zu der auf EDUARD SUESS zurückgehenden Auffassung, daß das in den Quellen hervorkommende Wasser überhitztes Wasser aus dem Innern der Erde, sog. juveniles Wasser sei, betont hier ferner der Verf., daß die neueren Beobachtungen über das Gebundensein der Quellen an wasserreiche Umgebung darauf hinweisen, daß der größte Teil des Wassers von der Oberfläche stamme, also vados sei, und nur seine Wärme juvenilen, dem Magma entstammenden Gasen verdanke. Auch die warmen Quellen zeigen sich wie die Vulkane eng an die tektonischen Linien geknüpft.

Die Einzelbeschreibung geschieht gesondert nach 1. den alkalischen Quellen, 2. den Schwefelquellen, Fumarolen und kochenden Schlammpfützen, die Verf. bei nicht gleichmäßig innegehaltener Scheidung der Begriffe auch wohl gelegentlich unter der Bezeichnung „Solfataren" zusammenfaßt, sowie 3. ganz kurz den Kohlensäurequellen oder Sauerquellen (Mofetten).

Die *Erdbebenliste* bezieht sich in erster Linie auf die tektonischen Beben der Insel, welche vorzugsweise im Süden und Südwesten sowie im östlichen Teil der Nordküste und nördlich davon im Meere auftreten. Die Beben, welche in unmittelbarer Verbindung mit Vulkanausbrüchen stattfanden, wurden bereits im ersten Teil bei den Vulkanen berücksichtigt und daher hier nur noch einmal kurz überblickt.

Auf Grund eingehender eigener Untersuchungen und Begehung des Schüttergebietes wird dann noch eine ausführliche Schilderung der heftigen Erdbeben und ihrer Wirkungen auf Landschaft und Siedelung gegeben, welche im Herbst 1896 das ein großes Senkungsfeld darstellende südliche Tiefland betrafen. Sie sind aufzufassen als Äußerungen noch gegenwärtig fortgehender Senkungsbewegungen und gegenseitiger Verschiebungen der einzelnen Teile, in welche dieses Gebiet durch die hier vorhandenen tektonischen Leitlinien mit südwest-nordöstlicher Richtung und quer dazu verlaufende Brüche zerlegt worden ist. —

Neben kürzeren theoretischen Einschaltungen enthält das ganze Werk vor allem eine Fülle wertvollsten Beobachtungsmaterials aus einem Bezirk unserer Erde, welcher für die Untersuchung ihrer endogenen Kraftäußerungen von hervorragender Wichtigkeit ist. Dieser Umstand und die Tatsache, daß eine solche Zusammenstellung so vollständig und kritisch von sachkundigster Seite erfolgte, geben der Arbeit ihren besonderen Wert für die geographische und geologische Forschung, namentlich aber auch für die Vulkanologie und die Seismologie. E. TAMS, Hamburg.

SEIDLITZ, WILFRIED VON, **Entstehen und Vergehen der Alpen.** Eine allgemeinverständliche Einführung besonders für Bergsteiger und Freunde der Alpen. Stuttgart: Ferdinand Enke 1926. VIII, 267 S., 122 Abb. und 15 Tafeln. 15×23 cm. Preis geh. RM 11.50, geb. RM 13.—.

„Dies Buch ist für alle diejenigen bestimmt, die als Sommerfrischler und Alpenfreunde die Berge vom Tal und vom Kurort aus bewundern, die über Jöcher und Steige die Berge erwandern, vor allem aber für alle Bergsteiger, die mit Pickel, Seil und Steigeisen sportliche Ziele im Hochgebirge verfolgen. Ihre Bedürfnisse wurden nach Möglichkeit im Auge behalten, und trotz der gemeinverständlichen Darstellung wurde versucht eine gewisse Abrundung in der Erörterung der Probleme zu erreichen, so daß diese Übersicht auch jüngeren Fachgenossen, denen die Alpen noch fremd sind, als erste Einführung dienen kann."

So beginnt das Vorwort, und als Motto steht vor dem Text des Buches ein Ausspruch des Schweizer Geologen ALBERT HEIM: „Verstandenes zu schauen ist ein weit edlerer, größerer Genuß, als Unverstandenes anzustaunen."

Damit ist die Absicht des Buches in vollkommenster Weise wiedergegeben. Sie zu erreichen gibt der Verfasser zunächst einen einleitenden Überblick über die verschiedenen Wege, die zur Entstehung und zur heutigen Form der Gebirge führten, mit einem Hinweis darauf, wie an Schluchten, Abbrüchen, Felswänden und an Tunnelbauten gerade im Gebirge geologische Beobachtungen relativ leicht möglich sind, bringt dann eine Schilderung der verschiedenen Gesteinsarten, welche unsere Gebirge aufbauen, eine Darstellung der Erdbewegungen, welche diesen Aufbau vollzogen haben, und eine Beschreibung der zerstörenden und abtragenden Vorgänge, welche ihnen die heutigen Formen gegeben haben. All das ist hauptsächlich auf die Alpen zugeschnitten, obschon natürlich bei

den grundlegenden Fragen auch weitere Gebiete erläutert und einzelne Beispiele für diese oder jene Erscheinung auch von außerhalb der Alpen herangezogen werden.

Die Darstellung ist den Bedürfnissen des allgemein naturwissenschaftlich gebildeten Laien angepaßt. Natürlich geht das nicht ganz ohne Voraussetzungen: eine ziemlich ausgiebige Kenntnis der Geographie der Alpen, und eine auch nicht ganz unerhebliche Vertrautheit aus eigener Anschauung mit den verschiedenen Formen ihrer Berge und Täler muß der Leser mitbringen: nun, dafür ist er „Bergsteiger und Freund der Alpen", und was er hierin nicht besitzt, das erwirbt er auf seinen Bergfahrten. Andererseits lassen sich geologische Darlegungen natürlich nicht geben ohne Sprache und Fachausdrücke des Geologen: hier erleichtert eine alphabetisch geordnete Erläuterung der wichtigsten Begriffe und eine Tabelle der Entwickelungsgeschichte der Erde das Studium des Buches auch für den, dem geologische Fragen bis dahin gänzlich fremd waren.

Die Sprache des Buches ist von erfreulicher Frische. In lebendigster Form wird uns alles vorgetragen, immer an Hand der geeigneten Beispiele, so wie wenn wir den Verfasser auf einer Exkursion durch das ganze weite Alpengebiet begleiten dürften. Und es sind nicht dogmatische Lehren, für die er von uns Glauben verlangt. Oft genug hören wir, daß diese oder jene Frage noch nicht geklärt ist, oder daß ihre Beantwortung in der letzten Zeit eine gründliche Wandlung erfahren habe.

So ist das Buch nicht nur lehrhaft, sondern durchaus anregend, und sicherlich wird jeder Leser, der nach seinem Studium wieder in die Berge zieht, oder besser, der es als Berater in die Berge mitnimmt, mit Freude das Gelernte zu eigenen Beobachtungen verwerten.

Was die Ausstattung des Buches anlangt, so bietet sie neben gutem Papier und gutem Druck 15 ganzseitige Tafeln und 122 Abbildungen im Text. Diese teils schematische Zeichnungen, teils Photographien, oft — sehr instruktiv — beides vom gleichen Objekt. Die Wiedergabe der Photographien, auch auf den Tafeln, ist nicht immer sehr schön — wir sind heute in dieser Hinsicht durch die alpinen Bilderbücher und Zeitschriften doch einigermaßen anspruchsvoll geworden. Aber es muß freilich berücksichtigt werden, daß hohe Ansprüche in dieser Hinsicht auch wohl hohe Kosten bedingen, und aus dem Wunsche heraus, der großen Gilde der Bergsteiger und Alpenfreunde das Buch zugänglich zu machen, ist sein Preis in bescheidenen Grenzen gehalten worden. Aber einen Wunsch zu den Abbildungen möchte der Berichterstatter für die nächste Auflage aussprechen: sie sind einigermaßen gleichmäßig über das Ganze verteilt, stehen daher fast nie auf der Seite des zugehörigen Textes. Vielleicht kann man da ohne Schwierigkeiten ein wenig anders ordnen, jedenfalls aber sollte bei der Nummer der Abbildung, auf die im Text verwiesen wird, auch die Seite stehen, auf der sie sich findet. Die Seite zu finden ist leicht, die Abbildung viel schwerer.

Zum Schluß noch ein Wort zur Rechtfertigung dieses Berichtes: hätte ihn besser ein Geologe machen sollen, der ja im Nebenamt auch Bergsteiger sein könnte? Vielleicht, er hätte auch als Fachmann eine Kritik schreiben können, zu der der Schreiber dieses Berichtes ganz gewiß keine Kompetenz besitzt. Aber der Verfasser sagt am Schluß des Vorwortes: „Die Anregung zur Abfassung dieses Buches ging weder vom Verlag noch vom Verfasser aus, sondern kam aus dem Kreise der künftigen Leser. An ihnen ist es festzustellen, wie weit ihren Wünschen Rechnung getragen wurde." Und das mag es rechtfertigen, wenn einer, der bloß Bergsteiger ist, das Buch bespricht und seinen „Fachgenossen" wärmstens empfiehlt.

Max Bodenstein, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Schweißen mit atomarem Wasserstoff. Eine der größten Schwierigkeiten des technischen Schweißvorganges besteht in der unvermeidlichen Reaktion des Metalles, in erster Linie des Eisens, mit dem Sauerstoff und mit dem Stickstoff der Atmosphäre, wodurch die Schweißnaht brüchig und fehlerhaft wird. In den Laboratorien der G.E.C. in Amerika sind Versuche über die Verwendung von Wasserstoff beim Schweißen gemacht worden, über die in der General Electric Review vom März 1926 (**29**, 3) von R. A. Weinmann und J. Langmuir und von P. Alexander berichtet wird. Nach dem in der ersten, theoretisch besonders interessanten Arbeit beschriebenen Verfahren wird die zum Schweißen notwendige Wärmeentwicklung durch die Rekombination und Verbrennung von atomarem Wasserstoff erzeugt. Hierzu bedient man sich zweier Elektroden, z. B. aus Wolfram, zwischen denen ein Lichtbogen brennt. Durch den Lichtbogen wird ein scharfer Strahl Wasserstoff geblasen, der hierbei teilweise in die Atome gespalten wird. Die Rekombination der Atome zu Molekülen erfolgt nur langsam, so daß das zu schweißende Metall von einem Strom atomaren Wasserstoffes getroffen wird, wo die Rekombination unter sehr erheblicher Wärmeentwicklung, die die Erzeugung höherer Temperaturen als die der Acetylenflamme gestattet, erfolgt. Zum Schutz des Wolframs vor Oxydation wird der Lichtbogen außerdem von Wasserstoff umgeben, der aus einer Reihe von zweckmäßig angeordneten Düsen strömt.

Zum Schweißen wird wegen der gleichmäßigeren Abnutzung der Elektroden und wegen des größeren Nutzeffektes die Verwendung von Wechselstrom und zwar von 350—400 Volt empfohlen, der Spannungsabfall im Bogen beträgt 60—100 Volt bei 20—70 Amp. Bei geringeren Stromstärken ist der Bogen schärfer und wirksamer. Der Abstand des Bogens vom zu schweißenden Metallstück wird so gewählt, daß dieses vom Bogen berührt wird. Die Abnutzung der Wolfram-Elektroden im Wasserstoffstrom beträgt bei $^1/_2$ mm Dicke weniger als 1 mm pro 60 mm Schweißnaht bei Blechen von 3 mm Dicke.

Nach diesem Verfahren wurde Eisen, desoxydiertes Kupfer, Nickel, Aluminium und verschiedene Chrom-Nickel-Legierungen geschmolzen. Aluminium und Chrom neigen bekanntlich zur Bildung von kohärenten Oxydhäuten, die die Verbindung erschweren. Es ist bemerkenswert, daß diese Oxyde von dem atomaren Wasserstoff reduziert werden; hierin liegt ein prinzipieller Vorteil des Schweißverfahrens mit atomarem Wasserstoff den anderen gegenüber.

Die mit dem atomaren Wasserstoff erzielten Schweissungen zeichnen sich durch gute Festigkeit und vor allen Dingen durch eine vorzügliche Duktilität aus, so daß es möglich ist, die Schweißnähte ohne Bruch

zu biegen und zu walzen. Mit weichem Eisen wurden in der Schweißnaht Festigkeiten von 57—67 kg/qmm erreicht.

Unabhängig von WEINMANN und LANGMUIR hat P. ALEXANDER ein Schweißverfahren entwickelt, bei dem er sich in einer anderen Weise des Wasserstoffes bedient. ALEXANDER wendet die gewöhnliche Lichtbogenschweißung an, bei der z. B. das zu schweißende Metall den einen Pol des Lichtbogens bildet, umgibt aber den Lichtbogen mit einer Atmosphäre (Flamme) aus Wasserstoff. Die Wirkung des Wasserstoffes beruht in diesem Falle also ausschließlich auf der Fernhaltung des Sauerstoffes und Stickstoffes und auf seiner reduzierenden Wirkung in der molekularen Form. Im Wasserstoff braucht der Lichtbogen etwa die doppelte Spannung wie an der Luft. Im Zusammenhang damit entwickelt er auch mehr Energie, was für das Schweißen von Vorteil ist. Auch dieses Verfahren gibt Schweißnähte von ausgezeichneter Duktilität und ähnlicher Festigkeit wie nach dem Verfahren von WEINMANN und LANGMUIR. Die Festigkeit von Stücken, die ausschließlich aus dem im Lichtbogen geschmolzenen Schweißdraht aufgeschmolzen waren, wird zu 55—58 kg/qmm bei einer Dehnung von 29—36% angegeben. Diese Zahlen beweisen, daß der aus dem Schweißdraht durch Auftropfen erstarrte Körper fehlerfrei war. Außer Eisen ist nach diesem Verfahren vor allen Dingen desoxydiertes Kupfer mit dem besten Erfolg geschweißt worden. (Die Berührung von gewöhnlichem sauerstoffhaltigen Kupfer mit Wasserstoff in der Glühhitze macht das Kupfer bekanntlich porös und brüchig; deshalb ist dieses Schweißverfahren bei dem gewöhnlichen Kupfer nicht anwendbar.)

Besonders interessant sind die Versuche von P. ALEXANDER über das Schweißen in Gemengen von Wasserstoff und Stickstoff. Überraschenderweise hat sich gezeigt, daß der Stickstoff, der in Gegenwart von Sauerstoff wegen der Nitridbildung mit Eisen so gefährlich ist, in Gegenwart von Wasserstoff ganz unschädlich bleibt, solange sein Gehalt ca. 90% nicht übersteigt. Es ist nicht klar, worauf dieses auffallende Verhalten zurückzuführen ist. Die Verwendung von Stickstoff-Wasserstoff-Gemischen ist wegen der viel geringeren Explosionsgefahr viel bequemer. Insbesondere empfiehlt sich die Verwendung von flüssigem Ammoniak, der in der Glühhitze annähernd quantitativ in Wasserstoff und Stickstoff zerfällt.

Die beiden beschriebenen Verfahren bedeuten zweifellos Wege zu einer wesentlichen Verbesserung des elektrischen Lichtbogen-Schweißverfahrens, ja der Schweißtechnik überhaupt, und werden vielfach dort Verwendung finden können, wo es in erster Linie auf die Qualität der Schweißung und erst in zweiter Linie auf ihre Kosten ankommt. MASING.

Gesamtzahl der bislang ausgeführten Drahtlotungen im Meere. Durch die Verwendung des Echolotes ist in den nächsten Jahrzehnten eine durchgreifende Änderung in unserer Kenntnis von der Morphologie des Meeresbodens zu erwarten. Die bisherigen ozeanographischen Expeditionen, wie z. B. auf „Valdivia", auf Vermessungsschiff „Planet" und auf „Deutschland" haben während der ganzen Dauer der Reisen je etwa 200—300 Tiefenbestimmungen auf ozeanischen Tiefen mit dem Drahtlot ausgeführt. Das amerikanische Kriegsschiff U. S. S. „Stewart" konnte dagegen auf seiner 1922 ausgeführten Weltreise mit dem von HAYES konstruierten akustischen Tiefenlot während der Fahrt mindestens jede Stunde eine Lotung ausführen, und zwar allein auf der Strecke von Nantucket nach Gibraltar etwa 900 Lotungen, darunter 200 eigentliche Tiefseelotungen. Zur Vermessung eines etwa 100 000 qkm großen Meeresgebietes westlich von San Franzisko wurden in nur 38 Tagen ungefähr 5000 Echolotungen zwischen 200 und 3600 m Tiefe gewonnen. Die jetzt unterwegs befindliche deutsche „Meteor"-Expedition lotet ebenfalls während der Fahrt mit akustischen Lotapparaten, und zwar in Zeitabständen von meist nur 20 Minuten! Diese außerordentlichen Gegensätze in dem Umfange der Lottätigkeit zwischen früher und jetzt lassen die Fortschritte ahnen, die wir in der Kenntnis der Gestalt des Meeresbodens in absehbarer Zeit erreichen werden. Es ist deshalb von Reiz, gerade jetzt einmal das Fazit der bisherigen Erlotung des Tiefseebodens zu ziehen, die Zahl der bisher ausgeführten Lotungen zu bestimmen und auch die Lotungsdichte in den einzelnen Ozeanen. Dies hat HENRIK RENQUIST kürzlich durchgeführt. (Om Ekolodningen och dess Betydelse, Terra, Helsingfors 1926, S. 108—119; The Actual Numbers of Deep-Sea Soundings, The Scottish Geographical Magazine, 1926, S. 227—229.) RENQUIST geht von der annähernd zutreffenden Annahme aus, daß auf der neuesten Ausgabe der Monaco-Tiefenkarte bei den Tiefen über 1000 m fast alle Tiefenzahlen angegeben sind und kommt durch Zählung dieser Tiefenzahlen zu dem Ergebnis, daß bis 1914 insgesamt etwa 15 000 Lotungen im über 1000 m tiefen Weltmeere ausgeführt sind. Auf die einzelnen Ozeane und die Intervalle von 1000 bis 4000 und über 4000 m Tiefe verteilen sich die Lotungen folgendermaßen:

Zahl der bis 1914 ausgeführten Drahtlotungen nach H. Renquist.

Im Tiefenintervall	Im Atlantischen Ozean	Im Indischen Ozean	Im Stillen Ozean	Im gesamten Weltmeere
1000—4000 m	4 030	1 830	3 960	9 820
über 4000 m	2 070	670	2 340	5 080
über 1000 m	6 100	2 500	6 300	14 900

Ein anschauliches Bild ergibt sich aber erst, wenn unter Berücksichtigung der Flächen der Ozeane die Größe der Flächen berechnet wird, auf welche im Durchschnitt eine Lotung entfällt.

Es entfällt im Mittel eine Lotung auf eine Fläche von:

Im Tiefenintervall	Im Atlantischen Ozean qkm	Im Indischen Ozean qkm	Im Stillen Ozean qkm	Im gesamten Weltmeere qkm
1000—4000 m	8 600	14 200	12 600	11 200
über 4000 m	24 300	64 800	48 800	40 900
über 1000 m	13 900	27 800	26 000	21 300

Bei den über 4000 m tiefen Teilen des Weltmeeres, die etwa $^2/_5$ der gesamten Erdoberfläche einnehmen, entfällt also im Durchschnitt auf eine Fläche von der Größe der Schweiz nur eine Tiefenmessung! Berücksichtigt man nun, daß in solchen Meeresgebieten, durch welche Kabel hindurchführen, die Lotungsdichte verhältnismäßig groß ist, so ergeben sich für andere Flächen weit geringere Lotungsdichten als obige Mittelwerte. Im Stillen Ozean gibt es tatsächlich auch Flächen von der Größe Europas, in denen noch nicht ein einziges Mal die Meerestiefe gemessen worden ist. Für die An-

wendung der neuen akustischen Lotverfahren sind also reich lohnende Aufgaben vorhanden. B. Sch.

Norwegische Polarlichtforschung. Nirgendwo sonst auf der Erde wird die Erforschung des Polarlichtes mit gleicher Intensität betrieben wie in Norwegen. Den klassischen Beobachtungen und Beschreibungen von Sophus Tromholt gegen Ende des vorigen Jahrhunderts folgten die Ausarbeitungen wissenschaftlicher Methoden, exakte Messungen unter Zuhilfenahme der Photographie und Stereophotogrammetrie, sowie spektroskopische Forschungen und theoretische Untersuchungen durch Birkeland, Störmer, Vegard und Krogness. Namentlich Carl Störmer hat seit 1904 in zahlreichen Veröffentlichungen neben seiner, auf theoretischen Erwägungen ebenso wie auf physikalischen Experimenten und Beobachtungen über den Verlauf der Polarlichterscheinungen begründeten Corpusculartheorie eine große Fülle photographischer Aufnahmen der prachtvollsten Nordlichter gegeben. Sein überaus umfangreiches Material an Beobachtungen und stereophotogrammetrischen Messungen wurde von ihm nach allen Richtungen hin so gründlich bearbeitet, daß uns erst durch seine Untersuchungen eine zutreffende Vorstellung über die Lage der Strahlen im Himmelsraum und über die physikalischen Vorgänge, die dem prachtvollen Phänomen zugrunde liegen, ermöglicht wird.

Seinen bisherigen 52 Publikationen über Polarlicht in norwegischer, englischer, holländischer, deutscher und französischer Sprache hat Störmer jetzt eine neue hinzugefügt: *Résultats des mesures photogrammétriques des aurores boréales observées dans la Norvége méridionale de* 1911 à 1922, die als Nr. 7 von Bd. IV der, von der „Norske Videnskaps-Akademi i Oslo" herausgegebenen „Geofysiske Publikasjoner" 1926 in Oslo erschienen ist.

Der stattliche Quartband von 108 Seiten, der 19 Textfiguren und 48 Tafeln enthält, gibt eine detaillierte Übersicht über alle photogrammetrischen Nordlichtmessungen, die Störmer und seine Assistenten während jener 12 Jahre im südlichen Norwegen ausgeführt haben. Die 11 Beobachtungsstationen gestatteten Variationen der Basislänge von 26,12 bis 258,52 km. Zunächst werden die Arbeitsmethoden erläutert, nach denen die Berechnungen der Höhen und der Lage im Raum erfolgt. Daran schließen sich ausführliche Beschreibungen einzelner Nordlichter, von denen namentlich dasjenige vom 22./23. März 1920 hervorgehoben werden muß. Es war das großartigste, das Störmer jemals gesehen hat, und er widmet ihm mehr als 12 Seiten Protokoll. Wichtige allgemeine Resultate sind die Ermittelung der Höhen, die von 80—800 km reichen, die Feststellung enormer Strahlenlängen bis zu 400 km, die Lageänderungen des durchschnittlich in 70° Höhe und — 9.°7 Azimut gelegenen Radiationspunktes der Nordlichtkrone und dessen Abweichung vom magnetischen Zenit. Im äußersten Norden des Landes, bei Bossekop scheint das Häufigkeitsmaximum für alle Arten des Polarlichtes um einige Kilometer höher zu liegen als bei Oslo. In ausführlichen Tabellen sind alle Angaben über die im Texte erwähnten Photographien und photogrammetrischen Aufnahmen übersichtlich zusammengestellt und auch in Bogengraden die Entfernung von der magnetischen Achse der Erde hinzugefügt. Die Tafeln enthalten zunächst 96 Photographien besonders interessanter Nordlichter. Dann folgen 493 Zeichnungen, welche die Situation der Lichterscheinungen am Sternhimmel veranschaulichen, auf denen außerdem alle für die Ausmessungen benutzten Punkte eingetragen sind. Die Feinheit dieser Zeichnungen ist überaus groß und erfordert die Anwendung einer Lupe. Den Beschluß machen 22 Karten, welche die geographische Lage der einzelnen Nordlichter über Norwegen und das Europäische Nordmeer veranschaulichen.

Bei der großen Fülle des Materials ist es nicht möglich hier weitere Einzelheiten zu erörtern. Das Werk fügt dem Ruhmeskranz der norwegischen Polarlichtforschung neue Blätter hinzu und nötigt jedem Sachverständigen höchste Anerkennung und Bewunderung ab.

Es ist daher ganz unverständlich und im höchsten Grade bedauerlich, daß ein deutscher Schriftsteller versucht, die Verdienste, welche die Norweger sich seit Jahrzehnten gerade auf diesem, ihrem ureigensten Forschungsgebiet erworben haben, herabzusetzen. In seinem Werk: Was ich in Island sah. Plaudereien vom Polarkreis (Berlin: Otto Uhlmann Verlag 1925), schreibt Herr Dr. Adrian Mohr auf Seite 155 über das Nordlicht:

„Die Schwierigkeit der Beschreibung wird uns nicht ersparen, sie doch zu versuchen. Die Aufmerksamkeit der Menschheit ist gerade in jüngsten Tagen auf das Polarlicht gelenkt durch die Marktschreierweise, in der ein nordischer Gelehrter für sich in Anspruch nahm, eine neue Erklärung für es geben zu können — und für ein halbes Dutzend anderer Erscheinungen, die mit Polarlicht nichts zu tun haben, auch gleich mit. Es ist daher vielleicht willkommen, nun einmal eine deutsche Beschreibung des Polarlichtes zu finden. Man ist bei uns in diesem Punkte immer auf die Norweger angewiesen — und die haben bestimmt keine Augen im Kopfe. Hervorragende Beobachtungen deutscher Gelehrter sind nicht in die breite Öffentlichkeit gedrungen, und die bisher über Island erschienenen Bücher deutscher Zunge schweigen sich über das Polarlicht gründlich aus. Die Herren Verfasser und Verfasserinnen waren eben nur im Sommer hier, Polarlichter treten aber erst im zweiten Drittel des September auf und verschwinden Anfang April wieder. Wer sich mit Einzelheiten näher bekannt machen will, sei darauf hingewiesen, daß die besten, zutreffendsten Beschreibungen gerade von wichtigen Einzelerscheinungen bei Engländern und Amerikanern zu finden sind. Was die so richtig beobachtet und durchaus anschaulich dargestellt haben, sucht man bei den Norwegern sämtlich vergeblich."

Es genügt, diese Verunglimpfung norwegischer Forscher von hohem wissenschaftlichen Rang niedriger zu hängen und mit aller Schärfe zurückzuweisen, denn eine Widerlegung dürfte sich nach dem oben Gesagten erübrigen.

O. Baschin.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig